BUQUE POLIVALENTE 20000 TPM

CUADERNO Nº 0
MEMORIA EXPLICATIVA

Proyecto nº 1674
Tutor: D. Francisco Alonso Thous

Jesús Enrique Terciado Terciado

Antonio Villalba Herreros

INDICE

1-. ANÁLISIS DE LA MISIÓN Y FILOSOFÍA DEL PROYECTO

1.1-. Introducción

El presente documento representa la memoria correspondiente al proyecto fin de carrera de los estudios de ingeniería naval. Dicho proyecto constituye un trabajo académico, en el que se pretende que se apliquen los conocimientos adquiridos sobre los buques en general, y más concretamente sobre un tipo particular en el que se apoya dicho proyecto.

Las características del presente trabajo son muy diferentes a las de un proyecto puramente comercial, como son los que a diario se realizan en las oficinas técnicas de astilleros y otras instituciones, ya que la finalidad a la que se orienta es bien diferente.

Sin embargo, las características tan específicas del buque o artefacto naval y, también, de las circunstancias que lo rodean, hacen que, a pesar de todo, se hayan puesto de manifiesto la mayor parte de los problemas a los que se enfrentan los proyectistas durante estas tempranas etapas del proyecto.

Ha de quedar bien claro que muchas cuestiones que deberían de considerarse inexcusablemente desde el principio en el proyecto de un buque, no es posible hacerlo, ya que no existen, datos sobre todo del proceso de construcción del buque, ni sobre los medios, ni estructura del astillero, ni sobre los estándares de calidad o control internos que se siguen generalmente en la mayor parte de los mismos, y a los que se debe orientar todo el proyecto desde los primeros pasos para lograr un buen aprovechamiento de los recursos del astillero.

A lo largo de las siguientes páginas de la presente memoria se van a presentar una serie de consideraciones sobre el proyecto que, o bien surgieron a la hora de encararlo, o bien durante la fase de desarrollo, pero que en cualquier caso resumen el camino seguido desde el planteamiento conceptual del buque

ante la primera especificación, hasta la terminación del resto de cuadernos que recogen los principales datos que garantizan la viabilidad técnica del proyecto y lo definen individualmente.

Tanto en este como en el resto de cuadernos de los que se compone la memoria, se justificará cualquier decisión, aún sabiendo que en la mayor parte de las ocasiones no existe una única posibilidad correcta, por lo que principalmente se tratará de exponer el criterio seguido y sus principales implicaciones sobre el resto del proyecto.

1.2-. Especificaciones del proyecto

El proyecto trata sobre el diseño de un buque polivalente, cuyas características principales se resumen a continuación:

PROYECTO Nº: 1674 **TUTOR:** Francisco Alonso Thous

TIPO DE BUQUE: Buque polivalente para el transporte de containers, carga general, bobinas de papel y acero. Castillo alargado en proa, toldillas, habilitación y cámara de máquinas a popa.

Dobles escotillas en manga, doble casco y mamparo en crujía. Dos entrepuentes.

CLASIFICACIÓN Y COTA: Germanischer Lloyd, 100A5, E, Multipurpose, Cargo Ship, G, Equiped for Carriage of Containers, Streghtened for Heavy Cargoes, NAV-OC, IWS, SOLAS II-2Reg 54, +MC EAUT

PESO MUERTO: 20.000 TPM

VELOCIDAD EN PRUEBAS: 19,5 nudos al 90% MCR, 15% de mar y 20.000 TPM

AUTONOMÍA/CAPACIDADES: Capacidad Bodegas = 24.600 m^3

Capacidad T. Aceites Vegetales = 200 m^3

F.O. = 2.800 m^3

SISTEMA DE PROPULSIÓN: Diesel motor lento 2T directamente acoplado a hélice de palas fijas.

MEDIOS DE CARGA: 3 grúas: 2x50t a 32m y una doble de 45t a 30m/50t a 27m

OTROS REQUERIMIENTOS:

Amarre 4 maquinillas +2 molinetes combinados

Doble casco en tanques F.O.

2 Entrepuentes

3 Diesel Alternadores

Timón Mariner. Bulbo proa y popa

1 Empujador transversal proa

27 Camarotes individuales + 1 Rancho 3 hombres

Bandera Española

Además, el buque a proyectar debe ser estable y capaz de asegurar unas adecuadas condiciones de trabajo de las personas a bordo, tener una estructura preparada para resistir los esfuerzos a los cuales estará sometida, y ser respetuoso con el medio marino en el cual se desenvuelve.

Las principales características que definen un buque polivalente como el nuestro son:

- El volumen de carga especificado, ya que es uno de los requerimientos iniciales que condicionarán el proyecto en su desarrollo. Así, se hará necesario un especial cuidado con las dimensiones del buque proyecto para cumplir, con un determinado margen adicional, dicho requerimiento inicial.
- El peso muerto, que deberá estar de acuerdo con las especificaciones del proyecto.

- Velocidad de servicio, debe ser adecuada y mantenerse en condiciones de mala mar. Para ello se tendrá en cuenta un margen de servicio establecido en las condiciones de proyecto.
- Volumen de fuel oil especificado, obteniendo la autonomía del buque, de cara a tener un buque capaz de realizar viajes transoceánicos sin repostar. Cabe destacar que el volumen especificado supera en gran medida el necesario en nuestro buque (comparándolo con buques parecidos), y esto hace que tengamos que aumentar una cubierta en cámara de máquinas para colocar tanques suficientes.
- Las dimensiones de los contenedores, que nos restringirán las dimensiones de las escotillas a proyectar, de forma que no interfieran en la estiba de los mismos.

Por lo tanto, el proceso de dimensionamiento va a basarse básicamente sobre estos cinco datos, sin embargo el resto de requisitos básicos especificados van a influir tarde o temprano en el mismo. Así, son determinantes tanto el criterio de estabilidad en la situación de carga especificada, como el volumen de las bodegas, por lo que continuamente habrá que estar verificando que el buque cumple, según los márgenes necesarios y los datos de que se disponga en dicho momento, dichos criterios.

Un primer análisis aproximado del requerimiento de capacidad de combustible indica que la autonomía del buque es de 14.000 millas, lo que significa que si la longitud de un meridiano es de 360º · 60 = 21.600 minutos sexagesimales, como un minuto se corresponde, precisamente, con una milla náutica, el buque debe poder recorrer algo menos del 65% de la esfera terrestre, lo que da cierta información adicional sobre el mismo. La zona de operación del buque es prácticamente el mundo entero, salvo zonas polares o de acceso restringido, con travesías muy prolongadas en espacio y en días de navegación, por lo que parece muy conveniente que, aunque no se indique explícitamente, el

buque tenga las dimensiones apropiadas para poder atravesar los canales de Suez y de Panamá.

2-. PROBLEMAS PRINCIPALES DEL PROYECTO Y CRITERIOS APLICADOS PARA SU RESOLUCIÓN

Las propias características del buque a proyectar son la causa de sus principales problemas. La problemática del proyecto se pone de manifiesto en todas las facetas del mismo:

2.1-. Dimensiones principales

Desde el punto de vista de las dimensiones principales y de disposición general del buque, hay que considerar que el tamaño de las bodegas y de sus correspondientes escotillas viene determinado por las dimensiones de los contenedores; las bodegas han de tener forma rectangular, de este modo sería posible estibar el máximo número de contenedores, sin embargo las formas de proa y popa impiden que esto suceda en todas ellas. El dimensionamiento del buque se va a realizar básicamente considerando el tamaño de los contenedores. Hay que reservar suficiente espacio en cubierta para la ubicación de contenedores y de la superestructura, esta última debe tener la suficiente altura para garantizar la visibilidad desde el puente, que permita el correcto gobierno del buque. La disposición de contenedores en cubierta puede ocasionar problemas al tránsito de personas, por lo que hay que proveer los espacios necesarios para ello. El criterio básico es el de lograr incluir el mayor número de contenedores bajo cubierta y asegurar suficientes espacios de calidad para el resto de sistemas del buque.

2.2-. Formas

Hidrodinámicamente, los buques polivalentes no son buques relativamente rápidos, aunque en el caso particular del buque objeto del presente proyecto no es así. Las formas se deben adaptar a los espacios de carga rectangulares ya

mencionados, por lo que el buque suele presentar un coeficiente prismático alto y unas formas en proa con un amplio abanico (de este modo se gana espacio para situar más contenedores en las bodegas de proa y principalmente sobre cubierta), aunque también se utilizan formas con un coeficiente de la maestra alto que asegure unas bodegas centrales que contengan el mayor número posible de contenedores y permita un mejor aprovechamiento del volumen para carga en rollos.

Es conocido el hecho de que, para unas formas dadas, un incremento pequeño de la eslora del buque se traduce generalmente en una disminución de la resistencia al avance (ya que disminuye el número de Froude y por consiguiente la resistencia por formación de olas, aunque aumentan las componentes por resistencia viscosa al aumentar la superficie mojada, la resultante es casi siempre menor), por ello es habitual aumentar la eslora en la flotación incrementando la zona de la bovedilla en popa, de este modo además se obtiene una mayor eslora en cubierta que permite mayor capacidad de carga en la misma. Por otro lado, este aumento de la bovedilla plantea problemas de vibraciones, ya que es una estructura en voladizo y se encuentra directamente excitada por la hélice, además al tratarse de un buque rápido, la potencia transmitida por el propulsor es relativamente alta comparada con otros buques de tamaño parecido. Prácticamente todos presentan bulbo en proa y con, cierta frecuencia en popa; aunque este último no se presente siempre, al menos se intenta conseguir una buena distribución de estelas para evitar los problemas de vibraciones. Se incluirá éste en el casco del buque y se determinarán los parámetros que definan los bulbos.

2.3-. Propulsión

Desde el punto de vista de la propulsión, la principal condición es la potencia necesaria para que el buque alcance la velocidad de proyecto; como es un buque rápido (dentro del rango de los buques convencionales), en principio, la potencia necesaria se espera que sea bastante alta, por lo que el tamaño del motor principal y, por lo tanto, de la cámara de máquinas también lo serán en

consonancia. En la especificación del buque se exige que el motor elegido sea un motor diesel de dos tiempos, y nosotros no ponemos ninguna objeción por tratarse de la propulsión utilizada en todos los casos estudiados. El motor de dos tiempos, aunque es un motor más caro que el de cuatro tiempos de la misma potencia, presenta como contrapartida el hecho de requerir menor coste de mantenimiento al ser motores menos revolucionados, y que consumen menor cantidad de aceite lubricante.

El propulsor, como se indica en la especificación, será de palas fijas, por lo que parece razonable suponer que el régimen de funcionamiento del motor principal será variable no durante la mayor parte del tiempo de funcionamiento del buque, pero si en las condiciones de maniobra y de entrada y salida de puerto.

2.4-. Estructura

La estructura es de tipo longitudinal, que, aunque no sea la más común en la mayoría de los buques polivalentes, nos garantiza una resistencia suficiente y nos permite un ahorro en acero. Tendremos una clara de cuadernas de 600 mm en los piques, de 655 mm en la cámara de máquinas y de 620 mm en el resto del barco. Existirá una bulárcama cada 5 cuadernas, es decir, con una separación de 3.000 mm, 3.275 mm, y 3100 mm, respectivamente. Por otro lado, el fondo, el doble fondo, los entrepuentes y las cubiertas, en su estructura longitudinal presentan una separación de longitudinales de 688 mm en la zona central y de 700 mm en la zona del doble casco. En el caso del costado, tendremos 750 mm de separación entre longitudinales en la zona de entrepuentes y de 765 mm en la zona de bodegas.

2.5-. Generación eléctrica

La planta de energía eléctrica se intentará dimensionar de modo que los requerimientos de energía eléctrica cubran con dos conjuntos diesel-alternadores, manteniendo otro (de los tres que pide la especificación) de respeto. Únicamente habrá que considerar como principal consumidor la existencia de una hélice de maniobra en proa, con un consumo específico muy alto y que es primordial en la

condición de "maniobra", a la entrada y salida de los puertos, y durante la propia maniobra de atraque. Además, al tener tres grúas de grandes dimensiones en cubierta, la situación de puerto se nos traducirá en la de máximo consumo.

2.6-. Equipos y sistemas

En principio son los habituales que se disponen en la mayor parte de los buques, sin que haya ninguna característica especial que requiera un especial dimensionado de alguno de ellos. En este apartado se incluyen los equipos de amarre, fondeo y remolque, el equipo de navegación, el equipo de salvamento y contraincendios, para todos ellos se utilizarán los reglamentos aplicables (sociedad de clasificación y SEVIMAR). Únicamente el equipo de gobierno requiere una atención especial, ya que este buque suele realizar travesías rápidas, y un ahorro importante de tiempo se puede lograr al disminuir el tiempo de maniobra en la entrada y salida de puerto, al tiempo que una mejora en las características de maniobrabilidad del buque supone un aumento de la seguridad del mismo, para ello se dispone de una hélice de maniobra a proa y de un timón a popa. El timón debe permitir la ubicación de la hélice de mayor tamaño.

2.7-. Servicios

Los principales servicios son los habituales en buques mercantes; así, es necesario disponer de un servicio de agua de lastre, que permita al buque mantener las condiciones de calado, trimado y escora necesarias para la correcta operación del buque. Del mismo modo, también debe proveer de la suficiente estabilidad en cualquier situación de carga. Los servicios que requiere el sistema propulsor y el resto de equipos del buque, tanto de combustible como de refrigeración y lubricación, se dimensionarán conforme a las características principales de sus elementos (motor principal, motores auxiliares, transmisión, propulsor, etc.), también se incluye el servicio de aire comprimido. El servicio de sentinas debe impedir la inundación de las bodegas ante fortuitos embarques de agua y ante la utilización de medios de limpieza o contraincendios.

2.8-. Energía e impacto medioambiental

En caso de nuestro buque, la carga, al estar en contenedores o ser bobinas, no tiene ningún peligro contaminante, por lo que este apartado se centrará en los demás residuos.

Todos los buques deben cumplir la legislación anticontaminación MARPOL 73/78, en ella se establecen una serie de directrices y obligaciones que deben cumplir los buques para evitar en lo posible la contaminación.

Los residuos gaseosos, básicamente los procedentes de la combustión del combustible en el interior de los motores diesel (principal y auxiliares) y de la caldera generadora de vapor, son expulsados al exterior a través del guardacalor del buque; únicamente es necesario controlar las emisiones de sustancias contaminantes, especialmente óxidos de nitrógeno.

Los residuos líquidos proceden fundamentalmente de los derrames y lodos generados en los equipos que tratan con combustible o con aceites; y de los residuos recogidos en las sentinas del buque. Ambos tipos generalmente terminan mezclados con agua, por lo que han de ser separados mediante un sistema que permita separar el agua y arrojarla al mar. Los hidrocarburos disueltos en esta agua no pueden aparecer más que en una cantidad igual o inferior a 15 partes por millón, el resto puede ser incinerado o almacenado para su descarga en tierra.

En cuanto a las aguas residuales procedentes del consumo y del metabolismo humano, se distinguen entre aguas grises, que pueden ser arrojadas directamente al mar (excepto en una serie de zonas, como las cercanías de algunos puertos y cerca de zonas protegidas), y aguas negras, que han de ser tratadas convenientemente en una depuradora y sus residuos descargados en puerto.

En cuanto a los residuos sólidos, provienen básicamente de las basuras generadas por los tripulantes; estas basuras se deben seleccionar en los propios lugares de producción y hay que dotar al buque con medios para su tratamiento.

En principio, se instalará un incinerador que permita destruir parte de estas basuras; el resto, así como las cenizas del incinerador, serán descargadas en puerto.

Un mejor aprovechamiento de la energía se puede conseguir utilizando los gases de escape para la generación de vapor que se consumirá en las necesidades específicas de calefacción de los diferentes sistemas del buque. Evidentemente, será necesario un cuidadoso estudio tanto de los consumidores como de la capacidad de generar vapor de esta manera, para comprobar si es suficiente con la caldereta alimentada con los gases de escape o si es necesario utilizar un mechero complementario.

2.9-. Instalaciones propias

Estamos hablando de las grúas de cubierta y demás instalaciones necesarias para la estiba y el almacenamiento de la carga. Para ello se dispone de una serie de bodegas, en las que se sitúa la carga. Estas bodegas van situadas en la zona central del buque, tratando de aprovechar las zonas más regulares que permiten una buena estiba de los contenedores y de la carga paletizada. Dichas bodegas van equipadas con un conjunto de guías celulares desmontables que facilitan la carga y descarga de contenedores. El otro equipo importante son las escotillas, que además de asegurar la estanqueidad de las bodegas deben permitir la estiba de contenedores sobre ellas. Finalmente para mantener al buque adrizado durante las labores de carga y descarga, se va a instalar un equipo anti escora, compuesto por dos tanques ubicados en el doble casco, uno a cada banda, y puestos en comunicación con una bomba que permita el paso rápido de agua de uno a otro para compensar los desequilibrios producidos durante dicho proceso.

2.10-. Seguridad del buque

Es muy importante tener ciertos márgenes en la seguridad global del buque.

En el proyecto del buque hay que considerar ciertos aspectos que influyen sobre la operación y la seguridad del buque; los polivalentes son buques que

pueden transportar cargas en zonas altas (aunque la mayor parte de los contenedores situados en dichas zonas se encuentren vacíos), y, por lo tanto, plantean algunos problemas de estabilidad. El correcto trincado de los contenedores sobre cubierta debe impedir que incluso en condiciones de mala mar, con grandes amplitudes de movimientos del buque, los contenedores puedan caer al mar, situación muy peligrosa no sólo por la pérdida de la carga en sí, sino principalmente por la variación brusca de la posición del centro de gravedad del mismo que puede influir decisivamente en la pérdida del buque por zozobra o por adquirir una nueva posición de equilibrio con grandes ángulos de escora.

Es necesario compartimentar el buque, de modo que en caso de accidente o avería, con la aparición de alguna vía de agua, se evite la inundación progresiva del casco del buque, siempre que sea posible por la naturaleza de la misma, y al menos se mantenga la estabilidad durante el máximo tiempo posible.

Se instalarán los medios de salvamento y contraincendios según el reglamento SEVIMAR.

2.11-. Coste de explotación

Es evidente que el coste de explotación del buque debería ser lo menor posible. Por lo tanto, se procurará reducirlo en la fase de proyecto en la medida en que esto sea posible.

Ello se podría conseguir teniendo un consumo de fuel oil mínimo. Para ello, se optará, teniendo presentes los límites establecidos en otras fases del proyecto, por poner un motor propulsor de una potencia lo más baja posible o disponer una hélice lo más grande posible, procurando seguir la máxima de que "a mayor diámetro, mayor rendimiento".

Se procurará, así mismo, de cara a una reducción del consumo de diesel oil, ahorrar energía de bombeo de consumibles, intentando la descarga de los mismos por gravedad y reduciendo al mínimo posible y compatible con otros aspectos del proyecto la longitud de la tubería.

2.12-. Mantenimiento

Es muy importante que el coste de mantenimiento del buque sea lo menor posible, de cara a reducir costes de explotación y costes derivados de la puesta en dique para reparaciones.

La parte más importante de los costes de mantenimiento es la derivada de las reparaciones en las bodegas y tanques de lastre. Para reducirlo, es necesario reducir la complejidad de la estructura en dichos espacios, eliminando, en la medida de lo posible, corbatas y cantos vivos en los refuerzos dispuestos.

Así mismo, todos los espacios deben ser de fácil acceso e inspección.

2.13-. Coste de adquisición

El coste de adquisición deberá ser el menor posible, por las implicaciones que ello tiene tanto para el astillero, que es quien tiene que construir el buque, como para el Armador, que será quien finalmente lo pagará.

La mayor implicación de este factor en el proyecto es que el diseño debe estar orientado a la construcción, teniendo en cuenta la tecnología de construcción del astillero donde se va a producir el buque. A falta de datos, se aplicará la norma implícita de que el coste de construcción disminuye cuanto menor sean las dimensiones del buque, y más estandarizada y orientada a la construcción por módulos sea su construcción.

Así mismo, se hace necesario incidir en que todos los espacios sean de fácil acceso para poder reducir la complejidad y el tiempo en la inspección durante su construcción.

3-. METODOLOGÍA APLICADA

La metodología aplicada para el desarrollo del proyecto se basa en la aplicación de la espiral de proyecto del buque. Dicho proceso se basa en la definición de las características del buque a partir de una serie de datos generales y, de forma progresiva, volver sobre ciertos aspectos ya tratados

anteriormente, pero con un mayor número de datos y una mayor precisión en el cálculo de los mismos. Es una herramienta conceptual que permite el desarrollo del proyecto de una forma no lineal, procurando evitar en la medida de lo posible el volver a repetir cálculos. Admite, además, la posibilidad de utilizar diferentes márgenes sobre ciertas magnitudes críticas (como el peso en rosca) y lograr un equilibrio entre la fase del proyecto en la que se encuentra, el esfuerzo necesario para el cálculo y la precisión obtenida en el cálculo o la estimación.

La estructura de la espiral no va a aparecer de forma explícita en la presente memoria, sin embargo la filosofía de la misma aparecerá a lo largo de los cuadernillos que conforman la misma, y un análisis de los diagramas de flujo revelan un esquema muy similar.

4-. SOLUCIONES ADOPTADAS

El proyecto del buque es el de un buque polivalente dotado de guías celulares en las bodegas y con trincado tradicional en cubierta para el transporte de contenedores. Las escotillas son de tipo pontón y el buque posee medios propios de carga. Siguiendo la tecnología habitual en este tipo de buques se adoptará una configuración con la cámara de máquinas a popa, superestructura situada sobre la cámara de máquinas y castillo a proa.

En este caso, sin embargo, se ha optado por aumentar el coeficiente en la sección maestra, aun a costa de disminuir el coeficiente prismático, de modo que las bodegas centrales del buque alberguen la cantidad máxima de contenedores.

El resto de características del buque se irán desarrollando a lo largo del resto de cuadernillos de la presente memoria.

5-. CONCLUSIONES

Es necesario un estudio y análisis previo de los problemas asociados la fase operativa y a la construcción del buque, así como de las posibles soluciones a adoptar.

También es imprescindible tener en cuenta la opinión de armadores y tripulantes de buques, de cara a adecuar el producto a las preferencias de los usuarios finales.

Para ello, ha sido de gran utilidad la consulta de otros proyectos de buques polivalentes, además de la bibliografía especificada en cada cuadernillo; con el objetivo de conocer de cerca la problemática operativa y los sistemas y componentes del buque.

Dicho estudio debe tener una enorme implicación en la fase de diseño del buque, puesto que es ahí donde la mayoría de problemas presenta una solución más cómoda y barata.

6-. BIBLIOGRAFÍA

- Apuntes de Construcción Naval I. E.T.S.I.N.
- Apuntes de Construcción Naval II. E.T.S.I.N.
- Apuntes de Electricidad Aplicada al Buque. Amable López Piñeiro.
- Apuntes de Equipos y Servicios. Jesús Panadero.
- Apuntes de la cátedra de proyectos de la E.T.S.I.N.
- Apuntes de Máquinas Auxiliares. Jesús Panadero
- Apuntes de Motores Marinos. Álvaro Zurita
- Apuntes de Proyectos Vol. I. Jaime Torroja Menéndez
- Apuntes de Teoría del Buque Casco y Máquinas. E.T.S.I.N.

- Detailed Design of Ship Propellers. Gonzalo Pérez, Juan Gómez Adalid
- Máquinas Eléctricas. Jesús Fraile Mora
- Proyecto Básico del Buque Mercante. R. Alvariño, J.J. Arpíroz, M. Meizoso.
- Teoría del Motor Diesel Vol. I. Álvaro Zurita.

Nombre de archivo: Cuaderno 0. Memoria Explicativa.docx
Directorio: C:\Documents and Settings\Antonio Villalba\Escritorio\Cuaderno 0. Memoria Explicativa
Plantilla: C:\Documents and Settings\Antonio Villalba\Datos de programa\Microsoft\Plantillas\Normal.dotm
Título: Cuaderno 0. Memoria explicativa
Asunto: Proyecto fin de carrera
Autor: Jesús Enrique Terciado Terciado y Antonio Villalba Herreros
Palabras clave:
Comentarios:
Fecha de creación: 06/04/2009 19:15:00
Cambio número: 2
Guardado el: 06/04/2009 19:15:00
Guardado por: Antonio Villalba Herreros
Tiempo de edición: 2 minutos
Impreso el: 06/04/2009 19:22:00
Última impresión completa
Número de páginas: 16
Número de palabras: 4.101 (aprox.)
Número de caracteres: 22.556 (aprox.)

BUQUE POLIVALENTE 20000 TPM

CUADERNO Nº 1 DIMENSIONAMIENTO

Proyecto nº 1674
Tutor: D. Francisco Alonso Thous

Jesús Enrique Terciado Terciado

Antonio Villalba Herreros

INDICE

ANEXOS

BASE DE DATOS

GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS

1-. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

ESCUELA TECNICA SUPERIOR INGENIEROS NAVALES

PROYECTO FIN DE CARRERA

PROYECTO Nº: **TUTOR:** Francisco Alonso Thous

TIPO DE BUQUE: Buque polivalente para el transporte de containers, carga general, bobinas de papel y acero. Castillo alargado en proa, toldillas, habilitación y cámara de máquinas a popa.

Dobles escotillas en manga, doble casco y mamparo en crujía. Dos entrepuentes.

CLASIFICACIÓN Y COTA: G. Lloyd, 100A5, E, Multipurpose, Cargo Ship, G, Equipped for Carriage of Containers, Strengthened for Heavy Cargoes, NAV-OC, IWS, Solas II-2Reg 54, +MC EAUT

PESO MUERTO: 20.000 TPM

VELOCIDAD EN PRUEBAS AL 90 % MCR, 15 % MAR Y 20.000 TPM: 19,5 nudos

AUTONOMÍA/CAPACIDADES: Capacidad Bodegas = 24.600 m^3

Capacidad T. Aceites Vegetales = 200 m^3

F.O. = 2.800 m^3

SISTEMA DE PROPULSIÓN: Diesel motor lento 2T directamente acoplado a hélice de palas fijas.

OTROS REQUERIMIENTOS: 3 grúas: 2x50t a 32m y una doble de 45t a 30m/50t a 27m

Amarre 4 maquinillas +2 molinetes combinados

Doble casco en tanques F.O.

2 Entrepuentes

3 Diesel Alternadores

Timón Mariner Bulbo proa y popa

1 Empujador transversal proa

27 Camarotes individuales + 1 Rancho 3 hombres

Bandera Española

2-. CONSIDERACIONES INICIALES

El objetivo de este primer documento es determinar las dimensiones principales del buque descrito en el apartado anterior. Así mismo, se estimarán una serie de parámetros de forma que al final del cuaderno se tenga una noción clara del buque.

Las características iniciales que condicionan el proyecto son:

- Tipo de buque.
- Peso muerto.
- Capacidad de bodegas de carga.
- Velocidad en pruebas.
- Autonomía.

Debido a ello, el proceso seguido comenzará con la búsqueda de una solución válida para este tipo de buques dentro de una base de datos, acotando las dimensiones principales del buque en función de las de buques similares al nuestro. Una vez que estas han sido enmarcadas, buscamos un buque base que se ajuste bien a nuestra especificación de proyecto.

3-. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

La selección de alternativas se inicia con la definición de una alternativa inicial y a partir de ella se obtienen las diferentes alternativas.

3.1-. Elección del buque base

Buscando una bibliografía sobre buques de características parecidas a las definidas en las especificaciones del proyecto, se obtiene la tabla que se adjunta como BASE DE DATOS en el Anexo I.

Antes de nada unas observaciones sobre la base de datos:

- Ha sido muy complicado encontrar buques parecidos al de proyecto. Después de consultar las ediciones de los últimos veinte años

de las revistas Ingeniería Naval, Shipbuilding y otras, hemos observado que esta clase de buques se encuentra muy desarrollada en las franjas en torno a las 10.000 y las 30.000 TPM. Sólo llegamos a encontrar un buque de esta clase de 19.000 TPM, pero no lo pudimos incluir ya que su velocidad de servicio era de 14 nudos, muy inferior a la de proyecto.

- El punto anterior nos forzó a buscar otras clases de barcos. En principio pensamos en graneleros, pero su baja velocidad y formas llenas nos hizo desechar la idea.
- Finalmente, nos fijamos en buques multipropósito. Estos buques, en principio, están orientados al mismo uso que los polivalentes. Las diferencias más evidentes están en los medios de carga. Todos los buques que encontramos estaban dotados de elevadores, puertas en los costados y otros medios que a nosotros no nos harían falta. Esto conlleva que estos buques sean algo mayores que el nuestro, debido precisamente, a los medios de carga que emplean. Por lo demás hicimos una selección de buques lo más ajustada posible a las condiciones de proyecto.
- Debido a que todos los buques seleccionados han sido construidos en el extranjero y a que las revistas que publican sus datos no recogen todo lo que sería de interés, hemos tenido que confiar en los pocos datos disponibles para elaborar alternativas. Todo ello a sabiendas de la gran incertidumbre que nos induce esta falta de conocimiento.

Una vez dicho esto pasamos a relacionar las características principales del buque que hemos tomado como buque base.

Las características principales de este buque son las siguientes:

Peso muerto	20.760 TPM
Peso muerto a calado de proyecto	18.946 TPM
L_{pp}	159,14 m
B	25,2 m
T	10,74 m
D	14,38 m
Volumen de bodegas	23.780 m^3
Velocidad en pruebas	19,5 nudos
Potencia	12.060 BHP

Debido a la falta de información anteriormente comentada hemos aplicado algunas relaciones para calcular ciertos parámetros que son de interés. Así, tenemos que:

Coeficiente de bloque (correlación de Alexander) $C_b = 0,623$

Desplazamiento (por definición de C_b) $\Delta = 27.649$ t

Coeficiente prismático (por definición de C_p) $C_p = 0,642$

Coeficiente de la maestra (correlación de Kerlen) $C_m = 0,976$

Coeficiente de la flotación (correlación de J. Torroja) $C_w = 0,733$

3.2-. Definición de la alternativa inicial (método del buque base)

Este método consiste en la extrapolación de los datos del buque base mediante correlaciones que han sido testadas con la experiencia y que se describirán en el proceso de cálculo.

3.2.1-. Estimación del desplazamiento

Para evaluar una primera estimación del desplazamiento, se puede considerar constante la relación de peso muerto a desplazamiento, o bien, el volumen de las bodegas de carga (V_b) a desplazamiento.

En principio, por consideraciones de proyecto, se elige el criterio de relación desplazamiento a peso muerto constante:

$$\frac{DW_0}{\Delta_0} = \frac{DW_1}{\Delta_1}$$

siendo el subíndice "**0**" relativo al buque base y el subíndice "**1**" relativo al buque proyecto.

Los datos conocidos son los siguientes:

V_{b0} = 20.760 m^3

Δ_0 = 27.649 t

V_{b1} = 20.000 m^3

y sustituyendo en la relación anterior, obtenemos un desplazamiento de proyecto:

Δ_1 = 26.636 t

3.2.2-. Estimación de la eslora

Se aplica la relación:

$$\frac{L_{pp1}}{L_{pp0}} = \sqrt[3]{\frac{V_{b1}}{V_{b0}}}$$

Sustituyéndose los valores anteriores, se obtiene:

L_{pp1} = 157,17 m

3.2.3-. Estimación del coeficiente de bloque

Aplicamos en este caso la fórmula de Alexander para el cálculo del coeficiente de bloque, C_b:

$$C_b = K - \frac{v}{2 \cdot \sqrt{3{,}28 \cdot L_{pp}}}$$

Siendo:

K = 1,05.

v = velocidad en pruebas en nudos (19,5 nudos en nuestro caso)

g = aceleración de la gravedad: 9,81 m/s^2

L_{pp} = eslora entre perpendiculares en metros

De esta manera, nos quedará el siguiente coeficiente de bloque:

$$C_{b1} = 1{,}05 - 0{,}4295 = 0{,}6205$$

3.2.4-. Estimación del coeficiente de la sección media

Para el coeficiente de bloque de la sección media se puede utilizar la fórmula de Kerlen:

$$C_{m1} = 1{,}006 - 0{,}0056 \cdot C_b^{-3{,}56} =$$
$$= 1{,}006 - 0{,}0056 \cdot 0{,}621^{-3{,}56} = 0{,}975$$

3.2.5-. Estimación del coeficiente prismático

Una vez definidos los coeficientes de bloque y de la maestra, C_b y C_m, se tiene definido el coeficiente prismático; puesto que se verifica siempre la igualdad:

$$C_p = \frac{C_b}{C_m}$$

Sustituyendo los valores de los coeficientes de proyecto calculados anteriormente tenemos:

$$C_{p1} = \frac{C_{b1}}{C_{m1}} = \frac{0{,}621}{0{,}975} = 0{,}637$$

3.2.6-. Estimación del coeficiente de flotación

Se ha considerado la fórmula sugerida en el libro "Apuntes de proyectos" de D. Jaime Torroja, que para formas en "U", como es en nuestro caso, es:

$$C_w = 0{,}248 + 0{,}778 \cdot C_b$$

y sustituyendo para el buque proyecto, resulta:

$$C_{w1} = 0{,}731$$

3.2.7-. Estimación de manga, calado y puntal

Siguiendo las indicaciones del libro "Proyecto básico del buque mercante" de D. Manuel Meizoso pasamos a hacer una estimación de estos parámetros en función de los del buque base.

Para la manga:

$$B_1 = \frac{L_{pp1}}{L_{pp0}} \cdot B_0 = \frac{157{,}17}{159{,}14} \cdot 25{,}2 = 24{,}89m$$

El calado se obtiene a partir de la definición del coeficiente de bloque:

$$C_b = \frac{V_{carena}}{B \cdot T \cdot L_{pp}}$$

siendo el volumen de carena:

$$V_{carena} = \frac{\Delta}{\rho} = \frac{27.649}{1{,}025} = 26.974{,}6m^3$$

luego:

$$T_1 = \frac{V_{carena}}{C_b \cdot B \cdot L_{pp}} = \frac{26.974{,}6}{0{,}621 \cdot 24{,}89 \cdot 157{,}17} = 11{,}10m$$

Para estimar el puntal, considerando que se mantiene igual la relación de dimensiones:

$$\frac{V_{bO}}{L_{ppO} \cdot B_O \cdot D_O} = \frac{V_{b1}}{L_{pp1} \cdot B_1 \cdot D_1}$$

se obtiene:

$$D_1 = \frac{24.800 \cdot 25{,}2 \cdot 14{,}38 \cdot 159{,}14}{23.780 \cdot 157{,}17 \cdot 24{,}89} = 15{,}37m$$

3.2.8-. Datos de la primera alternativa

Los resultados obtenidos hasta ahora son:

L_{pp} = 157,17 m	C_p = 0,637
B = 24,89 m	C_m = 0,975
T = 11,10 m	C_w = 0,731
D = 15,37 m	Δ = 27.649 ton
C_b = 0,621	V_{carga} = 24.800 m^3

Como se puede comprobar, los resultados obtenidos, si bien hay que tomarlos con cautela, concuerdan bastante bien con los datos contenidos en el Anexo.

3.3-. Alternativa basada en los datos de la base de datos

La primera alternativa ha sido generada para poder tener una primera estimación de las dimensiones del buque proyecto. Es necesario generar alternativas adicionales para poder elegir la óptima en esta primera etapa de proyecto. En este apartado, y para afianzar los datos desprendidos del primer método, vamos a fijarnos en los datos suministrados por la base de datos. Y, mediante sencillas correlaciones lineales iremos formando una segunda alternativa.

En la siguiente tabla mostramos los resultados que nos da la base de datos referente a relaciones geométricas de los barcos de la misma y las dos correlaciones que hemos formado, una con el peso muerto y otra con el volumen de bodegas.

	Stadion-gracht	**Schippers-gracht**	**CCNI Austral**	**Suomi-gracht**	**Interpolación por peso muerto**	**Interpolación por volumen de bodegas**
B/L	0,1574	0,1584	0,1646	0,1574	0,141	0,1574
D/L	0,0895	0,0904	0,0890	0,0895	0,0911	0,0900
T/L	0,0668	0,0675	0,0610	0,0660	0,0712	0,0669
B/D	1,76	1,75	1,85	1,76	1,55	1,75
B/T	2,36	2,35	2,7	2,38	1,98	2,35
LBD	58.465	57.669	64.649	58.465	47.329	57.980
LBT	43.666	43.071	44.280	43.137	36.824	43.115

En la tabla podemos observar como, si tomamos el peso muerto como ordenada de la correlación, el barco se nos hace más pequeño que si tomamos el volumen de bodegas. Además la correlación por volumen está más ajustada a los datos de la base de datos. Esto se puede interpretar como que tendemos a bodegas de mucho volumen para contener poco peso. Es decir, tendemos hacia buques de volumen.

Todo esto nos lleva a tomar los índices de la correlación por volumen como topes superiores a la hora de generar alternativas, cosa que haremos en el siguiente apartado.

3.4-. Generación de alternativas

Ahora que ya sabemos por dónde tenemos que "buscar" nuestro barco, lo que haremos será generar diferentes alternativas en función de los índices del apartado anterior.

Las tablas de resultados se pueden observar en el Anexo II.

El proceso de generación de alternativas es el siguiente:

- Tomamos los siguientes datos y los fijamos: B/D, B/T, L_0, B_0, ΔL y ΔB. Donde L_0 y B_0 son, respectivamente, unos valores mínimos que fijamos para la eslora y la manga. Y los dos incrementos son las variaciones que iremos dando a la eslora y la manga para generar alternativas. A estos valores les unimos los que nos vienen fijados por el proyecto (ver Anexo II, tabla 1).
- Ahora iremos formando distintas tablas. Cada una de ellas está caracterizada por un valor de la manga. A partir de ese valor y con la ayuda de los coeficientes que hemos fijado anteriormente, calculamos los valores del calado, puntal y francobordo.
- Las filas de cada tabla se caracterizan por la dimensión del barco que nos queda libre, la eslora. Cada fila será una eslora que va desde L_0 y aumenta su valor con ΔL.
- Las columnas de las tablas se refieren los siguientes valores:
    1. Eslora entre perpendiculares.
    2. Manga, calculada a partir de la relación B/L_{pp}.
    3. Puntal, calculado a partir de la relación D/L_{pp}.

4. Calado, calculado a partir de la relación T/L_{pp}.
5. Coeficiente de Alexander.
6. Coeficiente de bloque calculado por el método de Alexander.
7. Desplazamiento, calculado a partir de la definición del coeficiente de bloque.
8. Coeficiente de la maestra, calculado por el método de Kerlen.
9. Coeficiente prismático, como cociente entre el C_b y el C_m.
10. Coeficiente en la flotación, calculado con el método de J. Torroja.
11. Peso del acero, calculado a partir del método directo del Profesor Garcés.
12. Francobordo mínimo, calculado a partir de las notas para el cálculo simplificado del francobordo del libro "Proyecto básico del buque mercante" de D. Manuel Meizoso Fernández, Ricardo Albariño Castro y Juan José Arpíroz, basadas en el convenio de 1966. A partir del francobordo tabular se han calculado las correcciones por C_b, por puntal y por superestructuras. Para la corrección por superestructuras se ha considerado una relación E/L de 0,3.
13. Reserva de francobordo.

    Reserva = D – T – Fr

14. Predicción de potencia, calculada a partir del método de Watson.

$$BHP = \frac{0{,}889 \cdot \Delta^{2/3} \cdot \left(40 - \left(\frac{L_{pp}}{61} \right) + 400 \cdot (K-1)^2 - 12 \cdot C_b \right) \cdot V^3}{15.000 - 1{,}81 \cdot N \cdot L_{pp}^{\;0,5}}$$

Siendo:

Δ, el desplazamiento del buque en toneladas

L_{pp}, la eslora entre perpendiculares

K, el coeficiente del método de Alexander

C_b, el coeficiente de bloque

v, la velocidad en pruebas del buque

N revoluciones del propulsor. En nuestro caso hemos considerado un número de revoluciones igual al del propulsor del buque base, 110 rpm.

15. WME, peso del motor propulsor. Hemos supuesto un valor de 450 t, que es más o menos el peso de los motores que hemos consultado. Además, suponemos que todas las alternativas llevan el mismo motor, ya que el rango de potencias consumidas según el punto 14 están cubiertos por un solo motor.

16. WRP, peso restante de la maquinaria propulsora.

$$WRP = K_m \cdot MCO^{0.7}$$

Con:

K_m = 0,56 para cargueros.

MCO potencia máxima continua del motor.

17. WQP, peso de la maquinaria propulsora como suma de los dos puntos anteriores.

18. VMQ, volumen de la cámara de máquinas.

$$VQM = 0{,}85 \cdot L_{cm} \cdot B \cdot (D - D_{DFM}) \times C_b$$

Con:

L_{cm}, eslora de la cámara de máquinas calculada cómo:

$$L_{cm} = 0{,}28 \cdot L_{pp}^{\ 0.67} + 0{,}48 \cdot MCO^{0.35}$$

D_{DFM}, altura del doble fondo en cámara de máquinas que hemos estimado en 2 metros.

19. WQR, peso restante de maquinaria, calculado cómo:

$$WQR = 0.03 \times VMQ$$

20. WQ, peso de la maquinaria, calculado como suma de los puntos 15 a 19.

21. WST, peso del acero, calculado por el método directo del Profesor J. L. Garcés:

$$\mathrm{WST} = \mathrm{K_{ex}} \cdot (0{,}0293 \cdot \mathrm{L_{pp}}^{1.5} \cdot \mathrm{B} \cdot \mathrm{D}^{0.5}) \cdot \mathrm{Ref}$$

Con:

K_{ex}= 1 ya que no tenemos datos de este tipo del buque de referencia.

Ref = 1,02 margen de peso para el refuerzo por hielos clase E.

22. WOA, peso de equipos y habilitación, calculado por el método directo de los apuntes de clase:

$$\mathrm{WOA} = \mathrm{K_e} \cdot \mathrm{L_{pp}} \cdot \mathrm{B}$$

Con:

K_e = 0,45 para buques cargueros de estándar alto.

23. WR, peso del buque en rosca, calculado como la suma de los puntos 20, 21 y 22.

$$WR = WQ + WST + WOA$$

24. Comprobación de pesos. Hayamos la diferencia entre el desplazamiento calculado en el punto 7 y la suma del peso muerto y el peso en rosca. Para que la alternativa sea válida este valor debe ser positivo.

25. I_1, índice de mérito relativo al aprovechamiento del volumen de carga. Nos interesará que sea alto.

$$I_1 = \frac{V_{car}}{L \cdot B \cdot D}$$

26. I_2, índice de mérito relativo al aprovechamiento del peso del buque. Nos interesará que sea alto.

$$I_2 = \frac{TPM}{\Delta(t)}$$

27. I_3, índice del Almirantazgo. Nos interesará que sea alto.

$$I_3 = \frac{v^3 \cdot TPM^{2/3}}{BHP}$$

28. I_4, índice de mérito relativo al volumen ocupado por el lastre. Nos interesará que sea bajo.

$$I_4 = \frac{V_{lastre}}{L \cdot B \cdot D}$$

El volumen de lastre necesario lo hemos fijado en 7800 m^3 que es el volumen de lastre del buque base.

29. I_5, índice de mérito relativo al aprovechamiento del peso del buque. Nos interesará que sea alto.

$$I_2 = \frac{TPM}{\Delta(t)}$$

30. a 34. K_i, peso de los distintos índices de mérito.

35. I_m, media ponderada de los distintos índices de mérito.

$$I_m = \frac{K_1 \cdot I_1 + K_2 \cdot I_2 + K_3 \cdot I_3 + K_4 \cdot (1 - I_4) + K_5 \cdot (1 - I_5)}{(K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5)}$$

Ahora ya tenemos las alternativas. El siguiente paso es elegir la que nos parezca más adecuada. Esto se explica en el siguiente epígrafe.

3.5-. Elección de la alternativa final

El primer filtro que tenemos para la eliminación de alternativas, y a la vista de que todas ellas cumplen con la condición de francobordo es el test del peso. Eliminaremos todas aquellas alternativas en que el peso en rosca más el muerto sea mayor que el desplazamiento. Todas estas filas aparecen sombreadas en las tablas.

Ahora nos conviene que el buque consuma poco, por lo que nos fijaremos en la previsión de potencia. Vemos que cuanto menos manga menos potencia y, por tanto, menor consumo.

El siguiente paso es fijarnos en los índices de mérito y en su media ponderada. Queremos un buque con una media alta. Como se puede observar, hemos primado que sea un buque en el que el espacio esté bien aprovechado (I_1 alto) y que necesite poco acero para su construcción (I_5 bajo).

Después de todas estas pesquisas nos hemos quedado con dos alternativas:

Alternativa 1: L_{pp}=165,5 m; B=24,75 m; D=14,26 m; T=10,53 m

Alternativa 2: Lpp=162,5 m; B=25 m D=14,4 m; T=10,64 m

Las dos tienen un consumo y un I_m muy parecidos. Para elegir nos fijamos en el peso de acero, donde vemos que en la alternativa 2 es mejor. Además esta alternativa tiene una reserva de flotabilidad mayor lo que influye en la seguridad y una eslora menor, que influye en los gastos de atraque.

Así que tenemos que la mejor opción, en vista de los resultados, es la Alternativa 2, cuyas características presentamos en el siguiente apartado.

4-. ALTERNATIVA ELEGIDA

Antes de dar por cerrada esta fase del proyecto, vamos a estimar ciertos parámetros referentes a estabilidad y centros de gravedad del buque. Esto nos servirá para completar la información del buque elegido y comprobar si sus características de estabilidad son aceptables.

4.1-. Estimación de la estabilidad inicial a plena carga

La estabilidad inicial a plena carga viene medida por el valor de la altura metacéntrica, GM, que se obtiene a partir de:

$$GM = KM - KG$$

Siendo KM la ordenada del metacentro y KG la ordenada del centro de gravedad del buque. Las ordenadas se miden sobre la línea de base.

4.1.1-. Cálculo de KM

Vamos a utilizar la fórmula de Scheneekluth:

$$KM = B \cdot \left(C \frac{0{,}08 \cdot B}{\sqrt{Cm} \cdot TS} + \frac{0{,}9 - 0{,}3 \cdot Cm - 0{,}1 \cdot Cb}{B/TS} \right) =$$

$$= 25 \cdot \left(0{,}993 \frac{0{,}08 \cdot 25}{\sqrt{0{,}977} \cdot 10{,}64} + \frac{0{,}9 - 0{,}3 \cdot 0{,}977 - 0{,}1 \cdot 0{,}628}{25/10{,}64} \right) = 10{,}511m$$

Donde:

$$C = \frac{C_{wp}}{C_{wn}} = \frac{0{,}752}{0{,}757} = 0{,}993$$

$$C_{wn} = \frac{\left(1 + \frac{2 \cdot C_b}{\sqrt{C_m}}\right)}{3} = \frac{\left(1 + \frac{2 \cdot 0{,}628}{\sqrt{0{,}977}}\right)}{3} = 0{,}757$$

C_{wp} coeficiente real de la flotación.

KM = 10,511 m

4.1.2-. Cálculo de KG

4.1.2.1-. KG del peso de acero

En este apartado emplearemos la fórmula de Schneekluth, que nos da la altura del centro de gravedad de la estructura de acero sin superestructuras ni casetas como porcentaje del puntal más correcciones:

$$KG_{WST}(\%D) = \frac{\left[48 + \frac{0{,}15 \cdot (0{,}85 - C_b \cdot D) L_{pp}{}^2}{D^2}\right] \cdot DA}{D} =$$

$$= \frac{\left[48 + \frac{0{,}15 \cdot (0{,}85 - 0{,}623 \cdot 14{,}4) \cdot 162{,}5^2}{162{,}5^2}\right] \cdot 14{,}4}{14{,}4} = 46{,}78\%$$

donde DA es el puntal medio en metros corregido por arrufo y volumen de escotillas.

Correcciones:

- Existe bulbo de proa: -0,4%·D
- $^{Lpp}/_{B} \neq 6{,}5$: +0,8%·D, por cada $^{\Delta Lpp}/_{B} = \pm 1$

Aplicando las correcciones tenemos que:

$$KG_{WST} = \frac{D}{100} \times \left(\%KG_{WST} + Corr_1 + Corr_2\right) = \frac{14{,}4}{100} \times (46{,}78 - 0{,}4 + 0) = 6{,}678m$$

4.1.2.2-. KG de la maquinaria propulsora y auxiliar

Usaremos el método de Kupras:

$$KG_{WQ} = 0{,}17 \cdot T + 0{,}36 \cdot D = 0{,}17 \cdot 10{,}64 + 0{,}36 \cdot 14{,}4 = 6{,}993m$$

4.1.2.3-. KG del equipo y habilitación

Usaremos el método de Kupras:

$$KG_{WOA} = D + 1{,}25 + 0{,}01 \cdot (L_{pp} - 125) = 14{,}4 + 1{,}25 + 0{,}01 \cdot (162{,}5 - 125) = 16{,}025m$$

4.1.2.4-. KG del buque en rosca

Con los dos valores anteriores tenemos que:

$$KG_{WR} = WST \cdot KG_{WST} + WQ \cdot KG_{WQ} + WOA \cdot KG_{WOA} =$$
$$= \frac{4.811 \cdot 6{,}678 + 1.130 \cdot 6{,}993 + 1.828 \cdot 16{,}025}{4.811 + 1.130 + 1.825} = 8{,}927m$$

Con esto sabemos que en rosca:

$$GM_{rosca} = KM - KG = 10{,}4 - 8{,}927 = 1{,}473m$$

4.1.2.5-. KG de la carga

Este valor lo estimaremos de la siguiente forma:

$$KG_{DW} = D_{df} + 0{,}5 \cdot D_{bodegas} = 1{,}5 + 0{,}5 \cdot (14{,}4 - 1{,}5) = 7{,}95m$$

Donde: D_{df} es la altura del doble fondo en la zona de bodegas, que viene establecida por las normas de clasificación en su valor mínimo.

$D_{bodegas}$ es la diferencia entre el puntal y la altura de doble fondo.

4.1.2.6-. KG del buque en carga

Con los dos valores anteriores tenemos que:

$$KG = WST \cdot KG_{WST} + WQ \cdot KG_{WQ} + WOA \cdot KG_{WOA} + DW \cdot KG_{DW} =$$
$$= \frac{4.811 \cdot 6{,}678 + 1.130 \cdot 6{,}993 + 1.828 \cdot 16{,}025 + 20.000 \cdot 7{,}95}{4.811 + 1.130 + 1.825 + 20.000} = 8{,}223m$$

KG = 8,223 m

4.1.3-. Cálculo de GM

Con los datos anteriores ya podemos calcular el valor buscado:

$$GM = KM - KG = 10{,}511 - 8{,}223 = 2{,}288m$$

Y suponiendo, dada las características del buque, una corrección por superficies libres de 0,3, el valor final de GM será:

$$GM = 2{,}288 - 0{,}3 = 1{,}988m$$

lo que nos da una cierta tranquilidad para el cálculo de la estabilidad.

4.2-. Resumen de las características de la alternativa elegida

A continuación pasamos a relacionar las características de la alternativa elegida:

$$L_{pp} = 162{,}5m \quad C_p = 0{,}643$$
$$B = 25m \quad C_w = 0{,}752$$
$$T = 10{,}64m \quad \Delta = 27.127m^3$$
$$D = 14{,}4m \quad BHP_{total} = 19.109BHP$$
$$C_b = 0{,}628 \quad v = 19{,}5nudos$$
$$C_m = 0{,}977 \quad GM_{carga} = 2{,}288m$$

4.3-. Comentario final

Como punto final de esta fase del proyecto queríamos comentar algo sobre la validez de los resultados aquí obtenidos.

Debemos tomar con cautela los datos, pues sabemos que estamos cerca de la solución correcta, pero podríamos estarlo más si hubiésemos contado con la información necesaria.

Veremos en el Cuaderno 4 como ha variado la solución obtenida, disminuyendo la eslora del barco desde los 162,5 metros hasta los 155,32 metros.

Aun así, es asombroso comprobar cómo ciertos parámetros como la potencia necesaria se ajustan por una sencilla fórmula muy bien a la realidad.

5-. BIBLIOGRAFÍA

- Detailed Design of Ship Propellers. Gonzalo Pérez, Juan Gómez Adalid
- Apuntes de Motores Marinos. Álvaro Zurita
- Apuntes de Construcción Naval I Vol. 1, 2, 3 y 4. E.T.S.I.N.
- Apuntes de Construcción Naval II. E.T.S.I.N.

- Apuntes de Teoría del Buque Casco y Máquinas. E.T.S.I.N.
- Apuntes de Máquinas Auxiliares. Jesús Panadero
- Teoría del Motor Diesel Vol. I. Álvaro Zurita
- Apuntes de la Cátedra de Proyectos de la E.T.S.I.N.

Nombre de archivo: Cuaderno 1. Dimensionamiento.docx
Directorio: C:\Documents and Settings\Antonio Villalba\Escritorio\PROYECTO\CUADERNOS DEFINITIVOS\Cuaderno 1. Dimensionamiento\Word
Plantilla: C:\Documents and Settings\Antonio Villalba\Datos de programa\Microsoft\Plantillas\Normal.dotm
Título: Cuaderno 1. Dimensionamiento.
Asunto: Proyecto fin de carrera
Autor: Jesús Enrique Terciado Terciado y Antonio Villalba Herreros
Palabras clave:
Comentarios:
Fecha de creación: 06/04/2009 19:36:00
Cambio número: 2
Guardado el: 06/04/2009 19:36:00
Guardado por: Antonio Villalba Herreros
Tiempo de edición: 1 minuto
Impreso el: 06/04/2009 19:41:00
Última impresión completa
Número de páginas: 21
Número de palabras: 3.546 (aprox.)
Número de caracteres: 19.509 (aprox.)

ANEXO I:

BASE DE DATOS

BASE DE DATOS

Nombre del buque	Stadiongracht	Schippersgracht	CCNI Austral	Suomigracht
DW (t)	20760	20760	22200	22845
GT	16639	16640	17726	18321
NT	6730	6730	-	7647
Lt (m)	172.6	168.14	176.68	185.4
Lpp (m)	160.7	159.14	164	160.7
B (mld.) (m)	25.3	25.2	27	25.3
d (mld.) (m)	10.74	10.74	10	10.61
D (mld.) (m)	14.38	14.38	14.6	14.38
Service Speed (Knots)	19.5	19.5	18	19.5
MCR (kW)	12060	12060	11401	12060
rpm	120	333	102	333
Grain capacity (m3)	23795	23780	31177.66	27555
Bale Capacity (m3)	23790	-	28387.48	
Container Capacity	1134	1134	1096	1291
Vol bod	23795	23780	31177.66	27555
LBD	58464.91	57668.52	64648.8	58464.9098
LBd	43665.73	43070.92	44280	43137.1831
BHP	16408.16	16408.16	15511.56	16408.16

ANEXO II:

GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS

ALTERNATIVAS

Alternativa	L (m)	B(m)	D(m)	T(m)	K	Cb	Δ (m3)	Cm	Cp	Cw	Francobordo mínimo	D-T-Fr	BHP(100%) + 15%
1	156	24	13.824	10.212766	1.05	0.6190	23667	0.9751	0.6348	0.7460	3135.602625	0.476	17495
2	156.5	24	13.824	10.212766	1.05	0.6197	23770	0.9752	0.6354	0.7464	3137.626489	0.474	17542
3	157	24	13.824	10.212766	1.05	0.6203	23872	0.9754	0.6360	0.7469	3139.627936	0.472	17588
4	157.5	24	13.824	10.212766	1.05	0.6210	23974	0.9755	0.6366	0.7474	3141.606949	0.470	17635
5	158	24	13.824	10.212766	1.05	0.6217	24077	0.9756	0.6373	0.7478	3143.563509	0.468	17681
6	158.5	24	13.824	10.212766	1.05	0.6224	24179	0.9757	0.6379	0.7483	3145.497603	0.466	17727
7	159	24	13.824	10.212766	1.05	0.6231	24282	0.9758	0.6385	0.7487	3147.409215	0.464	17774
8	159.5	24	13.824	10.212766	1.05	0.6237	24384	0.9759	0.6391	0.7492	3149.298335	0.462	17820
9	160	24	13.824	10.212766	1.05	0.6244	24487	0.9761	0.6397	0.7496	3151.164951	0.460	17866
10	160.5	24	13.824	10.212766	1.05	0.6251	24589	0.9762	0.6403	0.7500	3153.009054	0.458	17912
11	161	24	13.824	10.212766	1.05	0.6257	24692	0.9763	0.6409	0.7505	3154.830637	0.456	17959
12	161.5	24	13.824	10.212766	1.05	0.6264	24795	0.9764	0.6415	0.7509	3156.629693	0.455	18005
13	162	24	13.824	10.212766	1.05	0.6270	24898	0.9765	0.6421	0.7514	3158.406218	0.453	18051
14	162.5	24	13.824	10.212766	1.05	0.6277	25000	0.9766	0.6427	0.7518	3160.160207	0.451	18096
15	163	24	13.824	10.212766	1.05	0.6283	25103	0.9767	0.6433	0.7522	3161.891659	0.449	18142
16	163.5	24	13.824	10.212766	1.05	0.6290	25206	0.9768	0.6439	0.7526	3163.600572	0.448	18188
17	164	24	13.824	10.212766	1.05	0.6296	25309	0.9769	0.6445	0.7531	3165.286947	0.446	18234
18	164.5	24	13.824	10.212766	1.05	0.6303	25412	0.9770	0.6451	0.7535	3166.950786	0.444	18280
19	165	24	13.824	10.212766	1.05	0.6309	25515	0.9771	0.6457	0.7539	3168.592091	0.443	18325
20	165.5	24	13.824	10.212766	1.05	0.6315	25618	0.9772	0.6462	0.7544	3170.210866	0.441	18371
21	166	24	13.824	10.212766	1.05	0.6322	25721	0.9773	0.6468	0.7548	3171.807116	0.439	18416
22	156	24.25	13.968	10.3191489	1.05	0.6190	24163	0.9751	0.6348	0.7460	3171.602625	0.477	17738
23	156.5	24.25	13.968	10.3191489	1.05	0.6197	24267	0.9752	0.6354	0.7464	3173.626489	0.475	17786
24	157	24.25	13.968	10.3191489	1.05	0.6203	24372	0.9754	0.6360	0.7469	3175.627936	0.473	17833
25	157.5	24.25	13.968	10.3191489	1.05	0.6210	24476	0.9755	0.6366	0.7474	3177.606949	0.471	17880
26	158	24.25	13.968	10.3191489	1.05	0.6217	24581	0.9756	0.6373	0.7478	3179.563509	0.469	17927
27	158.5	24.25	13.968	10.3191489	1.05	0.6224	24686	0.9757	0.6379	0.7483	3181.497603	0.467	17974
28	159	24.25	13.968	10.3191489	1.05	0.6231	24790	0.9758	0.6385	0.7487	3183.409215	0.465	18021
29	159.5	24.25	13.968	10.3191489	1.05	0.6237	24895	0.9759	0.6391	0.7492	3185.298335	0.464	18068
30	160	24.25	13.968	10.3191489	1.05	0.6244	25000	0.9761	0.6397	0.7496	3187.164951	0.462	18115
31	160.5	24.25	13.968	10.3191489	1.05	0.6251	25104	0.9762	0.6403	0.7500	3189.009054	0.460	18162
32	161	24.25	13.968	10.3191489	1.05	0.6257	25209	0.9763	0.6409	0.7505	3190.830637	0.458	18208
33	161.5	24.25	13.968	10.3191489	1.05	0.6264	25314	0.9764	0.6415	0.7509	3192.629693	0.456	18255
34	162	24.25	13.968	10.3191489	1.05	0.6270	25419	0.9765	0.6421	0.7514	3194.406218	0.454	18302
35	162.5	24.25	13.968	10.3191489	1.05	0.6277	25524	0.9766	0.6427	0.7518	3196.160207	0.453	18348
36	163	24.25	13.968	10.3191489	1.05	0.6283	25629	0.9767	0.6433	0.7522	3197.891659	0.451	18395
37	163.5	24.25	13.968	10.3191489	1.05	0.6290	25734	0.9768	0.6439	0.7526	3199.600572	0.449	18441
38	164	24.25	13.968	10.3191489	1.05	0.6296	25839	0.9769	0.6445	0.7531	3201.286947	0.448	18488
39	164.5	24.25	13.968	10.3191489	1.05	0.6303	25944	0.9770	0.6451	0.7535	3202.950786	0.446	18534
40	165	24.25	13.968	10.3191489	1.05	0.6309	26049	0.9771	0.6457	0.7539	3204.592091	0.444	18580
41	165.5	24.25	13.968	10.3191489	1.05	0.6315	26154	0.9772	0.6462	0.7544	3206.210866	0.443	18626
42	166	24.25	13.968	10.3191489	1.05	0.6322	26260	0.9773	0.6468	0.7548	3207.807116	0.441	18672

ALTERNATIVAS

Alternativa	L (m)	B(m)	D(m)	T(m)	K	Cb	Δ (m3)	Cm	Cp	Cw	Francobordo mínimo	D-T-Fr	BHP(100%) + 15%
43	156	24.5	14.112	10.4255319	1.05	0.6190	24664	0.9751	0.6348	0.7460	3207.602625	0.479	17983
44	156.5	24.5	14.112	10.4255319	1.05	0.6197	24770	0.9752	0.6354	0.7464	3209.626489	0.477	18030
45	157	24.5	14.112	10.4255319	1.05	0.6203	24877	0.9754	0.6360	0.7469	3211.627936	0.475	18078
46	157.5	24.5	14.112	10.4255319	1.05	0.6210	24984	0.9755	0.6366	0.7474	3213.606949	0.473	18126
47	158	24.5	14.112	10.4255319	1.05	0.6217	25090	0.9756	0.6373	0.7478	3215.563509	0.471	18174
48	158.5	24.5	14.112	10.4255319	1.05	0.6224	25197	0.9757	0.6379	0.7483	3217.497603	0.469	18222
49	159	24.5	14.112	10.4255319	1.05	0.6231	25304	0.9758	0.6385	0.7487	3219.409215	0.467	18269
50	159.5	24.5	14.112	10.4255319	1.05	0.6237	25411	0.9759	0.6391	0.7492	3221.298335	0.465	18317
51	160	24.5	14.112	10.4255319	1.05	0.6244	25518	0.9761	0.6397	0.7496	3223.164951	0.463	18364
52	160.5	24.5	14.112	10.4255319	1.05	0.6251	25625	0.9762	0.6403	0.7500	3225.009054	0.461	18412
53	161	24.5	14.112	10.4255319	1.05	0.6257	25732	0.9763	0.6409	0.7505	3226.830637	0.460	18459
54	161.5	24.5	14.112	10.4255319	1.05	0.6264	25839	0.9764	0.6415	0.7509	3228.629693	0.458	18506
55	162	24.5	14.112	10.4255319	1.05	0.6270	25946	0.9765	0.6421	0.7514	3230.406218	0.456	18554
56	162.5	24.5	14.112	10.4255319	1.05	0.6277	26053	0.9766	0.6427	0.7518	3232.160207	0.454	18601
57	163	24.5	14.112	10.4255319	1.05	0.6283	26160	0.9767	0.6433	0.7522	3233.891659	0.453	18648
58	163.5	24.5	14.112	10.4255319	1.05	0.6290	26267	0.9768	0.6439	0.7526	3235.600572	0.451	18695
59	164	24.5	14.112	10.4255319	1.05	0.6296	26374	0.9769	0.6445	0.7531	3237.286947	0.449	18742
60	164.5	24.5	14.112	10.4255319	1.05	0.6303	26482	0.9770	0.6451	0.7535	3238.950786	0.448	18789
61	165	24.5	14.112	10.4255319	1.05	0.6309	26589	0.9771	0.6457	0.7539	3240.592091	0.446	18836
62	165.5	24.5	14.112	10.4255319	1.05	0.6315	26696	0.9772	0.6462	0.7544	3242.210866	0.444	18883
63	166	24.5	14.112	10.4255319	1.05	0.6322	26804	0.9773	0.6468	0.7548	3243.807116	0.443	18930
64	156	24.75	14.256	10.5319149	1.05	0.6190	25170	0.9751	0.6348	0.7460	3243.602625	0.480	18228
65	156.5	24.75	14.256	10.5319149	1.05	0.6197	25278	0.9752	0.6354	0.7464	3245.626489	0.478	18276
66	157	24.75	14.256	10.5319149	1.05	0.6203	25387	0.9754	0.6360	0.7469	3247.627936	0.476	18325
67	157.5	24.75	14.256	10.5319149	1.05	0.6210	25496	0.9755	0.6366	0.7474	3249.606949	0.474	18373
68	158	24.75	14.256	10.5319149	1.05	0.6217	25605	0.9756	0.6373	0.7478	3251.563509	0.473	18422
69	158.5	24.75	14.256	10.5319149	1.05	0.6224	25714	0.9757	0.6379	0.7483	3253.497603	0.471	18470
70	159	24.75	14.256	10.5319149	1.05	0.6231	25823	0.9758	0.6385	0.7487	3255.409215	0.469	18518
71	159.5	24.75	14.256	10.5319149	1.05	0.6237	25932	0.9759	0.6391	0.7492	3257.298335	0.467	18566
72	160	24.75	14.256	10.5319149	1.05	0.6244	26041	0.9761	0.6397	0.7496	3259.164951	0.465	18615
73	160.5	24.75	14.256	10.5319149	1.05	0.6251	26150	0.9762	0.6403	0.7500	3261.009054	0.463	18663
74	161	24.75	14.256	10.5319149	1.05	0.6257	26260	0.9763	0.6409	0.7505	3262.830637	0.461	18711
75	161.5	24.75	14.256	10.5319149	1.05	0.6264	26369	0.9764	0.6415	0.7509	3264.629693	0.459	18759
76	162	24.75	14.256	10.5319149	1.05	0.6270	26478	0.9765	0.6421	0.7514	3266.406218	0.458	18807
77	162.5	24.75	14.256	10.5319149	1.05	0.6277	26587	0.9766	0.6427	0.7518	3268.160207	0.456	18854
78	163	24.75	14.256	10.5319149	1.05	0.6283	26697	0.9767	0.6433	0.7522	3269.891659	0.454	18902
79	163.5	24.75	14.256	10.5319149	1.05	0.6290	26806	0.9768	0.6439	0.7526	3271.600572	0.452	18950
80	164	24.75	14.256	10.5319149	1.05	0.6296	26915	0.9769	0.6445	0.7531	3273.286947	0.451	18998
81	164.5	24.75	14.256	10.5319149	1.05	0.6303	27025	0.9770	0.6451	0.7535	3274.950786	0.449	19045
82	165	24.75	14.256	10.5319149	1.05	0.6309	27134	0.9771	0.6457	0.7539	3276.592091	0.447	19093
83	**165.5**	**24.75**	**14.256**	**10.53191**	**1.05**	**0.6315**	**27244**	**0.9772**	**0.6462**	**0.7544**	**3278.210866**	**0.446**	**19140**
84	**166**	**24.75**	**14.256**	**10.53191**	**1.05**	**0.6322**	**27354**	**0.9773**	**0.6468**	**0.7548**	**3279.807116**	**0.444**	**19188**

ALTERNATIVAS

Alternativa	L (m)	B(m)	D(m)	T(m)	K	Cb	Δ (m3)	Cm	Cp	Cw	Francobordo mínimo	D-T-Fr	BHP(100%) + 15%
85	156	25	14.4	10.6382979	1.05	0.6190	25681	0.9751	0.6348	0.7460	3279.602625	0.482	18474
86	156.5	25	14.4	10.6382979	1.05	0.6197	25792	0.9752	0.6354	0.7464	3281.626489	0.480	18523
87	157	25	14.4	10.6382979	1.05	0.6203	25903	0.9754	0.6360	0.7469	3283.627936	0.478	18572
88	157.5	25	14.4	10.6382979	1.05	0.6210	26014	0.9755	0.6366	0.7474	3285.606949	0.476	18621
89	158	25	14.4	10.6382979	1.05	0.6217	26125	0.9756	0.6373	0.7478	3287.563509	0.474	18670
90	158.5	25	14.4	10.6382979	1.05	0.6224	26236	0.9757	0.6379	0.7483	3289.497603	0.472	18719
91	159	25	14.4	10.6382979	1.05	0.6231	26347	0.9758	0.6385	0.7487	3291.409215	0.470	18768
92	159.5	25	14.4	10.6382979	1.05	0.6237	26459	0.9759	0.6391	0.7492	3293.298335	0.468	18817
93	160	25	14.4	10.6382979	1.05	0.6244	26570	0.9761	0.6397	0.7496	3295.164951	0.467	18866
94	160.5	25	14.4	10.6382979	1.05	0.6251	26681	0.9762	0.6403	0.7500	3297.009054	0.465	18914
95	161	25	14.4	10.6382979	1.05	0.6257	26793	0.9763	0.6409	0.7505	3298.830637	0.463	18963
96	161.5	25	14.4	10.6382979	1.05	0.6264	26904	0.9764	0.6415	0.7509	3300.629693	0.461	19012
97	162	25	14.4	10.6382979	1.05	0.6270	27016	0.9765	0.6421	0.7514	3302.406218	0.459	19060
98	**162.5**	**25**	**14.4**	**10.64**	**1.05**	**0.6277**	**27127**	**0.9766**	**0.6427**	**0.7518**	**3304.16**	**0.458**	**19109**
99	163	**25**	**14.4**	**10.6383**	**1.05**	**0.6283**	**27239**	**0.9767**	**0.6433**	**0.7522**	**3305.891659**	**0.456**	**19157**
100	163.5	**25**	**14.4**	**10.6383**	**1.05**	**0.6290**	**27350**	**0.9768**	**0.6439**	**0.7526**	**3307.600572**	**0.454**	**19206**
101	164	**25**	**14.4**	**10.6383**	**1.05**	**0.6296**	**27462**	**0.9769**	**0.6445**	**0.7531**	**3309.286947**	**0.452**	**19254**
102	164.5	**25**	**14.4**	**10.6383**	**1.05**	**0.6303**	**27574**	**0.9770**	**0.6451**	**0.7535**	**3310.950786**	**0.451**	**19302**
103	165	**25**	**14.4**	**10.6383**	**1.05**	**0.6309**	**27685**	**0.9771**	**0.6457**	**0.7539**	**3312.592091**	**0.449**	**19350**
104	165.5	**25**	**14.4**	**10.6383**	**1.05**	**0.6315**	**27797**	**0.9772**	**0.6462**	**0.7544**	**3314.210866**	**0.447**	**19398**
105	166	**25**	**14.4**	**10.6383**	**1.05**	**0.6322**	**27909**	**0.9773**	**0.6468**	**0.7548**	**3315.807116**	**0.446**	**19446**
106	156	25.25	14.544	10.7446809	1.05	0.6190	26197	0.9751	0.6348	0.7460	3315.602625	0.484	18720
107	156.5	25.25	14.544	10.7446809	1.05	0.6197	26310	0.9752	0.6354	0.7464	3317.626489	0.482	18770
108	157	25.25	14.544	10.7446809	1.05	0.6203	26423	0.9754	0.6360	0.7469	3319.627936	0.480	18820
109	157.5	25.25	14.544	10.7446809	1.05	0.6210	26537	0.9755	0.6366	0.7474	3321.606949	0.478	18870
110	158	25.25	14.544	10.7446809	1.05	0.6217	26650	0.9756	0.6373	0.7478	3323.563509	0.476	18919
111	158.5	25.25	14.544	10.7446809	1.05	0.6224	26764	0.9757	0.6379	0.7483	3325.497603	0.474	18969
112	159	25.25	14.544	10.7446809	1.05	0.6231	26877	0.9758	0.6385	0.7487	3327.409215	0.472	19019
113	159.5	25.25	14.544	10.7446809	1.05	0.6237	26990	0.9759	0.6391	0.7492	3329.298335	0.470	19068
114	160	25.25	14.544	10.7446809	1.05	0.6244	27104	0.9761	0.6397	0.7496	3331.164951	0.468	19118
115	160.5	25.25	14.544	10.7446809	1.05	0.6251	27218	0.9762	0.6403	0.7500	3333.009054	0.466	19167
116	161	25.25	14.544	10.7446809	1.05	0.6257	27331	0.9763	0.6409	0.7505	3334.830637	0.464	19216
117	161.5	25.25	14.544	10.7446809	1.05	0.6264	27445	0.9764	0.6415	0.7509	3336.629693	0.463	19266
118	162	25.25	14.544	10.7446809	1.05	0.6270	27559	0.9765	0.6421	0.7514	3338.406218	0.461	19315
119	162.5	25.25	14.544	10.7446809	1.05	0.6277	27672	0.9766	0.6427	0.7518	3340.160207	0.459	19364
120	163	25.25	14.544	10.7446809	1.05	0.6283	27786	0.9767	0.6433	0.7522	3341.891659	0.457	19413
121	163.5	25.25	14.544	10.7446809	1.05	0.6290	27900	0.9768	0.6439	0.7526	3343.600572	0.456	19462
122	164	25.25	14.544	10.7446809	1.05	0.6296	28014	0.9769	0.6445	0.7531	3345.286947	0.454	19511
123	164.5	25.25	14.544	10.7446809	1.05	0.6303	28128	0.9770	0.6451	0.7535	3346.950786	0.452	19560
124	165	25.25	14.544	10.7446809	1.05	0.6309	28242	0.9771	0.6457	0.7539	3348.592091	0.451	19609
125	165.5	25.25	14.544	10.7446809	1.05	0.6315	28356	0.9772	0.6462	0.7544	3350.210866	0.449	19657
126	166	25.25	14.544	10.7446809	1.05	0.6322	28470	0.9773	0.6468	0.7548	3351.807116	0.448	19706

ALTERNATIVAS

Alternativa	L (m)	B(m)	D(m)	T(m)	K	Cb	Δ (m3)	Cm	Cp	Cw	Francobordo mínimo	D-T-Fr	BHP(100%) + 15%
127	156	25.5	14.688	10.8510638	1.05	0.6190	26718	0.9751	0.6348	0.7460	3351.602625	0.485	18968
128	156.5	25.5	14.688	10.8510638	1.05	0.6197	26834	0.9752	0.6354	0.7464	3353.626489	0.483	19018
129	157	25.5	14.688	10.8510638	1.05	0.6203	26949	0.9754	0.6360	0.7469	3355.627936	0.481	19069
130	157.5	25.5	14.688	10.8510638	1.05	0.6210	27065	0.9755	0.6366	0.7474	3357.606949	0.479	19119
131	158	25.5	14.688	10.8510638	1.05	0.6217	27180	0.9756	0.6373	0.7478	3359.563509	0.477	19170
132	158.5	25.5	14.688	10.8510638	1.05	0.6224	27296	0.9757	0.6379	0.7483	3361.497603	0.475	19220
133	159	25.5	14.688	10.8510638	1.05	0.6231	27412	0.9758	0.6385	0.7487	3363.409215	0.474	19270
134	159.5	25.5	14.688	10.8510638	1.05	0.6237	27528	0.9759	0.6391	0.7492	3365.298335	0.472	19320
135	160	25.5	14.688	10.8510638	1.05	0.6244	27643	0.9761	0.6397	0.7496	3367.164951	0.470	19370
136	160.5	25.5	14.688	10.8510638	1.05	0.6251	27759	0.9762	0.6403	0.7500	3369.009054	0.468	19421
137	161	25.5	14.688	10.8510638	1.05	0.6257	27875	0.9763	0.6409	0.7505	3370.830637	0.466	19470
138	161.5	25.5	14.688	10.8510638	1.05	0.6264	27991	0.9764	0.6415	0.7509	3372.629693	0.464	19520
139	162	25.5	14.688	10.8510638	1.05	0.6270	28107	0.9765	0.6421	0.7514	3374.406218	0.463	19570
140	162.5	25.5	14.688	10.8510638	1.05	0.6277	28223	0.9766	0.6427	0.7518	3376.160207	0.461	19620
141	163	25.5	14.688	10.8510638	1.05	0.6283	28339	0.9767	0.6433	0.7522	3377.891659	0.459	19670
142	163.5	25.5	14.688	10.8510638	1.05	0.6290	28455	0.9768	0.6439	0.7526	3379.600572	0.457	19719
143	164	25.5	14.688	10.8510638	1.05	0.6296	28571	0.9769	0.6445	0.7531	3381.286947	0.456	19769
144	164.5	25.5	14.688	10.8510638	1.05	0.6303	28688	0.9770	0.6451	0.7535	3382.950786	0.454	19818
145	165	25.5	14.688	10.8510638	1.05	0.6309	28804	0.9771	0.6457	0.7539	3384.592091	0.452	19868
146	165.5	25.5	14.688	10.8510638	1.05	0.6315	28920	0.9772	0.6462	0.7544	3386.210866	0.451	19917
147	166	25.5	14.688	10.8510638	1.05	0.6322	29037	0.9773	0.6468	0.7548	3387.807116	0.449	19967
148	156	25.75	14.832	10.9574468	1.05	0.6190	27245	0.9751	0.6348	0.7460	3387.602625	0.487	19216
149	156.5	25.75	14.832	10.9574468	1.05	0.6197	27362	0.9752	0.6354	0.7464	3389.626489	0.485	19267
150	157	25.75	14.832	10.9574468	1.05	0.6203	27480	0.9754	0.6360	0.7469	3391.627936	0.483	19319
151	157.5	25.75	14.832	10.9574468	1.05	0.6210	27598	0.9755	0.6366	0.7474	3393.606949	0.481	19370
152	158	25.75	14.832	10.9574468	1.05	0.6217	27716	0.9756	0.6373	0.7478	3395.563509	0.479	19421
153	158.5	25.75	14.832	10.9574468	1.05	0.6224	27834	0.9757	0.6379	0.7483	3397.497603	0.477	19472
154	159	25.75	14.832	10.9574468	1.05	0.6231	27952	0.9758	0.6385	0.7487	3399.409215	0.475	19523
155	159.5	25.75	14.832	10.9574468	1.05	0.6237	28070	0.9759	0.6391	0.7492	3401.298335	0.473	19573
156	160	25.75	14.832	10.9574468	1.05	0.6244	28188	0.9761	0.6397	0.7496	3403.164951	0.471	19624
157	160.5	25.75	14.832	10.9574468	1.05	0.6251	28306	0.9762	0.6403	0.7500	3405.009054	0.470	19675
158	161	25.75	14.832	10.9574468	1.05	0.6257	28424	0.9763	0.6409	0.7505	3406.830637	0.468	19725
159	161.5	25.75	14.832	10.9574468	1.05	0.6264	28543	0.9764	0.6415	0.7509	3408.629693	0.466	19776
160	162	25.75	14.832	10.9574468	1.05	0.6270	28661	0.9765	0.6421	0.7514	3410.406218	0.464	19826
161	162.5	25.75	14.832	10.9574468	1.05	0.6277	28779	0.9766	0.6427	0.7518	3412.160207	0.462	19877
162	163	25.75	14.832	10.9574468	1.05	0.6283	28898	0.9767	0.6433	0.7522	3413.891659	0.461	19927
163	163.5	25.75	14.832	10.9574468	1.05	0.6290	29016	0.9768	0.6439	0.7526	3415.600572	0.459	19978
164	164	25.75	14.832	10.9574468	1.05	0.6296	29134	0.9769	0.6445	0.7531	3417.286947	0.457	20028
165	164.5	25.75	14.832	10.9574468	1.05	0.6303	29253	0.9770	0.6451	0.7535	3418.950786	0.456	20078
166	165	25.75	14.832	10.9574468	1.05	0.6309	29371	0.9771	0.6457	0.7539	3420.592091	0.454	20128
167	165.5	25.75	14.832	10.9574468	1.05	0.6315	29490	0.9772	0.6462	0.7544	3422.210866	0.452	20178
168	166	25.75	14.832	10.9574468	1.05	0.6322	29609	0.9773	0.6468	0.7548	3423.807116	0.451	20228

ALTERNATIVAS

Alternativa	L (m)	B(m)	D(m)	T(m)	K	Cb	Δ (m3)	Cm	Cp	Cw	Francobordo mínimo	D-T-Fr	BHP(100%) + 15%
169	156	26	14.976	11.0638298	1.05	0.6190	27776	0.9751	0.6348	0.7460	3423.602625	0.489	19465
170	156.5	26	14.976	11.0638298	1.05	0.6197	27896	0.9752	0.6354	0.7464	3425.626489	0.487	19517
171	157	26	14.976	11.0638298	1.05	0.6203	28016	0.9754	0.6360	0.7469	3427.627936	0.485	19569
172	157.5	26	14.976	11.0638298	1.05	0.6210	28137	0.9755	0.6366	0.7474	3429.606949	0.483	19621
173	158	26	14.976	11.0638298	1.05	0.6217	28257	0.9756	0.6373	0.7478	3431.563509	0.481	19672
174	158.5	26	14.976	11.0638298	1.05	0.6224	28377	0.9757	0.6379	0.7483	3433.497603	0.479	19724
175	159	26	14.976	11.0638298	1.05	0.6231	28497	0.9758	0.6385	0.7487	3435.409215	0.477	19776
176	159.5	26	14.976	11.0638298	1.05	0.6237	28618	0.9759	0.6391	0.7492	3437.298335	0.475	19827
177	160	26	14.976	11.0638298	1.05	0.6244	28738	0.9761	0.6397	0.7496	3439.164951	0.473	19879
178	160.5	26	14.976	11.0638298	1.05	0.6251	28859	0.9762	0.6403	0.7500	3441.009054	0.471	19930
179	161	26	14.976	11.0638298	1.05	0.6257	28979	0.9763	0.6409	0.7505	3442.830637	0.469	19981
180	161.5	26	14.976	11.0638298	1.05	0.6264	29100	0.9764	0.6415	0.7509	3444.629693	0.468	20032
181	162	26	14.976	11.0638298	1.05	0.6270	29220	0.9765	0.6421	0.7514	3446.406218	0.466	20084
182	162.5	26	14.976	11.0638298	1.05	0.6277	29341	0.9766	0.6427	0.7518	3448.160207	0.464	20135
183	163	26	14.976	11.0638298	1.05	0.6283	29461	0.9767	0.6433	0.7522	3449.891659	0.462	20186
184	163.5	26	14.976	11.0638298	1.05	0.6290	29582	0.9768	0.6439	0.7526	3451.600572	0.461	20237
185	164	26	14.976	11.0638298	1.05	0.6296	29703	0.9769	0.6445	0.7531	3453.286947	0.459	20287
186	164.5	26	14.976	11.0638298	1.05	0.6303	29824	0.9770	0.6451	0.7535	3454.950786	0.457	20338
187	165	26	14.976	11.0638298	1.05	0.6309	29945	0.9771	0.6457	0.7539	3456.592091	0.456	20389
188	165.5	26	14.976	11.0638298	1.05	0.6315	30065	0.9772	0.6462	0.7544	3458.210866	0.454	20440
189	166	26	14.976	11.0638298	1.05	0.6322	30186	0.9773	0.6468	0.7548	3459.807116	0.452	20490
190	156	26.25	15.12	11.1702128	1.05	0.6190	28313	0.9751	0.6348	0.7460	3459.602625	0.490	19715
191	156.5	26.25	15.12	11.1702128	1.05	0.6197	28435	0.9752	0.6354	0.7464	3461.626489	0.488	19768
192	157	26.25	15.12	11.1702128	1.05	0.6203	28558	0.9754	0.6360	0.7469	3463.627936	0.486	19820
193	157.5	26.25	15.12	11.1702128	1.05	0.6210	28680	0.9755	0.6366	0.7474	3465.606949	0.484	19873
194	158	26.25	15.12	11.1702128	1.05	0.6217	28803	0.9756	0.6373	0.7478	3467.563509	0.482	19925
195	158.5	26.25	15.12	11.1702128	1.05	0.6224	28925	0.9757	0.6379	0.7483	3469.497603	0.480	19977
196	159	26.25	15.12	11.1702128	1.05	0.6231	29048	0.9758	0.6385	0.7487	3471.409215	0.478	20030
197	159.5	26.25	15.12	11.1702128	1.05	0.6237	29171	0.9759	0.6391	0.7492	3473.298335	0.476	20082
198	160	26.25	15.12	11.1702128	1.05	0.6244	29293	0.9761	0.6397	0.7496	3475.164951	0.475	20134
199	160.5	26.25	15.12	11.1702128	1.05	0.6251	29416	0.9762	0.6403	0.7500	3477.009054	0.473	20186
200	161	26.25	15.12	11.1702128	1.05	0.6257	29539	0.9763	0.6409	0.7505	3478.830637	0.471	20238
201	161.5	26.25	15.12	11.1702128	1.05	0.6264	29662	0.9764	0.6415	0.7509	3480.629693	0.469	20290
202	162	26.25	15.12	11.1702128	1.05	0.6270	29785	0.9765	0.6421	0.7514	3482.406218	0.467	20341
203	162.5	26.25	15.12	11.1702128	1.05	0.6277	29908	0.9766	0.6427	0.7518	3484.160207	0.466	20393
204	163	26.25	15.12	11.1702128	1.05	0.6283	30031	0.9767	0.6433	0.7522	3485.891659	0.464	20445
205	163.5	26.25	15.12	11.1702128	1.05	0.6290	30154	0.9768	0.6439	0.7526	3487.600572	0.462	20496
206	164	26.25	15.12	11.1702128	1.05	0.6296	30277	0.9769	0.6445	0.7531	3489.286947	0.461	20548
207	164.5	26.25	15.12	11.1702128	1.05	0.6303	30400	0.9770	0.6451	0.7535	3490.950786	0.459	20599
208	165	26.25	15.12	11.1702128	1.05	0.6309	30523	0.9771	0.6457	0.7539	3492.592091	0.457	20651
209	165.5	26.25	15.12	11.1702128	1.05	0.6315	30646	0.9772	0.6462	0.7544	3494.210866	0.456	20702
210	166	26.25	15.12	11.1702128	1.05	0.6322	30770	0.9773	0.6468	0.7548	3495.807116	0.454	20753

ALTERNATIVAS

Alternativa	L (m)	B(m)	D(m)	T(m)	K	Cb	Δ (m3)	Cm	Cp	Cw	Francobordo mínimo	D-T-Fr	BHP(100%) + 15%
211	156	26.5	15.264	11.2765957	1.05	0.6190	28855	0.9751	0.6348	0.7460	3495.602625	0.492	19966
212	156.5	26.5	15.264	11.2765957	1.05	0.6197	28980	0.9752	0.6354	0.7464	3497.626489	0.490	20019
213	157	26.5	15.264	11.2765957	1.05	0.6203	29104	0.9754	0.6360	0.7469	3499.627936	0.488	20072
214	157.5	26.5	15.264	11.2765957	1.05	0.6210	29229	0.9755	0.6366	0.7474	3501.606949	0.486	20125
215	158	26.5	15.264	11.2765957	1.05	0.6217	29354	0.9756	0.6373	0.7478	3503.563509	0.484	20178
216	158.5	26.5	15.264	11.2765957	1.05	0.6224	29479	0.9757	0.6379	0.7483	3505.497603	0.482	20231
217	159	26.5	15.264	11.2765957	1.05	0.6231	29604	0.9758	0.6385	0.7487	3507.409215	0.480	20284
218	159.5	26.5	15.264	11.2765957	1.05	0.6237	29729	0.9759	0.6391	0.7492	3509.298335	0.478	20337
219	160	26.5	15.264	11.2765957	1.05	0.6244	29854	0.9761	0.6397	0.7496	3511.164951	0.476	20390
220	160.5	26.5	15.264	11.2765957	1.05	0.6251	29979	0.9762	0.6403	0.7500	3513.009054	0.474	20443
221	161	26.5	15.264	11.2765957	1.05	0.6257	30104	0.9763	0.6409	0.7505	3514.830637	0.473	20495
222	161.5	26.5	15.264	11.2765957	1.05	0.6264	30229	0.9764	0.6415	0.7509	3516.629693	0.471	20548
223	162	26.5	15.264	11.2765957	1.05	0.6270	30355	0.9765	0.6421	0.7514	3518.406218	0.469	20600
224	162.5	26.5	15.264	11.2765957	1.05	0.6277	30480	0.9766	0.6427	0.7518	3520.160207	0.467	20653
225	163	26.5	15.264	11.2765957	1.05	0.6283	30605	0.9767	0.6433	0.7522	3521.891659	0.466	20705
226	163.5	26.5	15.264	11.2765957	1.05	0.6290	30731	0.9768	0.6439	0.7526	3523.600572	0.464	20757
227	164	26.5	15.264	11.2765957	1.05	0.6296	30856	0.9769	0.6445	0.7531	3525.286947	0.462	20809
228	164.5	26.5	15.264	11.2765957	1.05	0.6303	30982	0.9770	0.6451	0.7535	3526.950786	0.460	20861
229	165	26.5	15.264	11.2765957	1.05	0.6309	31107	0.9771	0.6457	0.7539	3528.592091	0.459	20914
230	165.5	26.5	15.264	11.2765957	1.05	0.6315	31233	0.9772	0.6462	0.7544	3530.210866	0.457	20966
231	166	26.5	15.264	11.2765957	1.05	0.6322	31359	0.9773	0.6468	0.7548	3531.807116	0.456	21017

ALTERNATIVAS

Alternativa	WME (t)	WRP (t)	WQP (t)	VMQ (m3)	WQR (t)	WQ (t)	WST (t)	WOA (t)	WR (t)
1	450	523	973	3733	112	1084.644891	4256	1685	7026
2	450	524	974	3737	112	1085.744528	4277	1690	7053
3	450	525	975	3741	112	1086.841502	4297	1696	7080
4	450	526	976	3745	112	1087.935827	4318	1701	7107
5	450	527	977	3749	112	1089.027519	4338	1706	7134
6	450	528	978	3753	113	1090.116593	4359	1712	7161
7	450	528	978	3757	113	1091.203064	4380	1717	7188
8	450	529	979	3761	113	1092.286946	4400	1723	7215
9	450	530	980	3765	113	1093.368255	4421	1728	7242
10	450	531	981	3769	113	1094.447004	4442	1733	7270
11	450	532	982	3773	113	1095.523209	4463	1739	7297
12	450	533	983	3777	113	1096.596882	4483	1744	7324
13	450	534	984	3781	113	1097.668039	4504	1750	7351
14	450	535	985	3785	114	1098.736693	4525	1755	7379
15	450	536	986	3789	114	1099.802857	4546	1760	7406
16	450	537	987	3793	114	1100.866547	4567	1766	7434
17	450	538	988	3797	114	1101.927774	4588	1771	7461
18	450	539	989	3801	114	1102.986553	4609	1777	7488
19	450	540	990	3804	114	1104.042896	4630	1782	7516
20	450	541	991	3808	114	1105.096817	4651	1787	7543
21	450	542	992	3812	114	1106.148329	4672	1793	7571
22	450	528	978	3817	115	1092.268978	4323	1702	7118
23	450	529	979	3822	115	1093.380923	4344	1708	7145
24	450	530	980	3826	115	1094.490171	4365	1713	7172
25	450	531	981	3830	115	1095.596738	4385	1719	7200
26	450	532	982	3834	115	1096.700638	4406	1724	7227
27	450	533	983	3838	115	1097.801887	4427	1730	7255
28	450	534	984	3843	115	1098.9005	4448	1735	7282
29	450	535	985	3847	115	1099.996492	4469	1741	7310
30	450	536	986	3851	116	1101.089878	4490	1746	7337
31	450	537	987	3855	116	1102.180672	4511	1751	7365
32	450	537	987	3859	116	1103.268889	4532	1757	7393
33	450	538	988	3863	116	1104.354544	4554	1762	7420
34	450	539	989	3867	116	1105.43765	4575	1768	7448
35	450	540	990	3871	116	1106.518222	4596	1773	7476
36	450	541	991	3875	116	1107.596273	4617	1779	7503
37	450	542	992	3879	116	1108.671818	4638	1784	7531
38	450	543	993	3883	116	1109.74487	4660	1790	7559
39	450	544	994	3887	117	1110.815443	4681	1795	7587
40	450	545	995	3891	117	1111.88355	4702	1801	7615
41	450	546	996	3895	117	1112.949205	4724	1806	7643
42	450	547	997	3899	117	1114.01242	4745	1811	7671

ALTERNATIVAS

Alternativa	WME (t)	WRP (t)	WQP (t)	VMQ (m3)	WQR (t)	WQ (t)	WST (t)	WOA (t)	WR (t)
43	450	533	983	3903	117	1099.917985	4390	1720	7210
44	450	534	984	3907	117	1101.042264	4411	1725	7238
45	450	535	985	3912	117	1102.163812	4432	1731	7265
46	450	536	986	3916	117	1103.282644	4453	1736	7293
47	450	537	987	3920	118	1104.398777	4475	1742	7321
48	450	538	988	3925	118	1105.512226	4496	1747	7349
49	450	539	989	3929	118	1106.623005	4517	1753	7377
50	450	540	990	3933	118	1107.731131	4539	1758	7405
51	450	541	991	3937	118	1108.836618	4560	1764	7433
52	450	542	992	3941	118	1109.939481	4581	1770	7461
53	450	543	993	3946	118	1111.039735	4603	1775	7489
54	450	544	994	3950	118	1112.137395	4624	1781	7517
55	450	545	995	3954	119	1113.232474	4646	1786	7545
56	450	546	996	3958	119	1114.324988	4667	1792	7573
57	450	547	997	3962	119	1115.414949	4689	1797	7601
58	450	548	998	3966	119	1116.502373	4710	1803	7629
59	450	548	998	3970	119	1117.587273	4732	1808	7658
60	450	549	999	3974	119	1118.669663	4754	1814	7686
61	450	550	1000	3978	119	1119.749557	4775	1819	7714
62	450	551	1001	3982	119	1120.826968	4797	1825	7742
63	450	552	1002	3986	120	1121.901909	4819	1830	7771
64	450	538	988	3990	120	1107.591952	4457	1737	7302
65	450	539	989	3994	120	1108.728589	4479	1743	7330
66	450	540	990	3999	120	1109.862461	4500	1749	7359
67	450	541	991	4003	120	1110.993585	4522	1754	7387
68	450	542	992	4007	120	1112.121975	4543	1760	7415
69	450	543	993	4012	120	1113.247648	4565	1765	7443
70	450	544	994	4016	120	1114.370618	4586	1771	7472
71	450	545	995	4020	121	1115.490903	4608	1776	7500
72	450	546	996	4025	121	1116.608515	4630	1782	7528
73	450	547	997	4029	121	1117.723471	4652	1788	7557
74	450	548	998	4033	121	1118.835786	4673	1793	7585
75	450	549	999	4038	121	1119.945475	4695	1799	7614
76	450	550	1000	4042	121	1121.052551	4717	1804	7642
77	450	551	1001	4046	121	1122.157029	4739	1810	7671
78	450	552	1002	4050	122	1123.258925	4761	1815	7699
79	450	553	1003	4054	122	1124.358251	4783	1821	7728
80	450	554	1004	4058	122	1125.455022	4805	1827	7757
81	450	555	1005	4063	122	1126.549253	4827	1832	7785
82	450	556	1006	4067	122	1127.640956	4849	1838	7814
83	**450**	**557**	**1007**	**4071**	**122**	**1128.730146**	**4871**	**1843**	**7843**
84	**450**	**558**	**1008**	**4075**	**122**	**1129.816835**	**4893**	**1849**	**7871**

ALTERNATIVAS

Alternativa	WME (t)	WRP (t)	WQP (t)	VMQ (m3)	WQR (t)	WQ (t)	WST (t)	WOA (t)	WR (t)
85	450	543	993	4077	122	1115.290914	4525	1755	7395
86	450	544	994	4082	122	1116.439935	4547	1761	7424
87	450	545	995	4087	123	1117.586157	4569	1766	7452
88	450	546	996	4091	123	1118.729597	4590	1772	7481
89	450	547	997	4096	123	1119.870269	4612	1778	7510
90	450	548	998	4100	123	1121.008191	4634	1783	7538
91	450	549	999	4104	123	1122.143377	4656	1789	7567
92	450	550	1000	4109	123	1123.275844	4678	1794	7596
93	450	551	1001	4113	123	1124.405606	4700	1800	7625
94	450	552	1002	4118	124	1125.53268	4722	1806	7653
95	450	553	1003	4122	124	1126.65708	4744	1811	7682
96	450	554	1004	4126	124	1127.77882	4766	1817	7711
97	450	555	1005	4131	124	1128.897917	4789	1823	7740
98	**450**	**556**	**1006**	**4135**	**124**	**1130.014**	**4811**	**1828**	**7769**
99	**450**	**557**	**1007**	**4139**	**124**	**1131.128237**	**4833**	**1834**	**7798**
100	**450**	**558**	**1008**	**4143**	**124**	**1132.239489**	**4855**	**1839**	**7827**
101	**450**	**559**	**1009**	**4148**	**124**	**1133.348155**	**4878**	**1845**	**7856**
102	**450**	**560**	**1010**	**4152**	**125**	**1134.454249**	**4900**	**1851**	**7885**
103	**450**	**561**	**1011**	**4156**	**125**	**1135.557785**	**4922**	**1856**	**7914**
104	**450**	**562**	**1012**	**4160**	**125**	**1136.658777**	**4945**	**1862**	**7943**
105	**450**	**563**	**1013**	**4164**	**125**	**1137.757238**	**4967**	**1868**	**7972**
106	450	548	998	4166	125	1123.014908	4593	1773	7489
107	450	549	999	4171	125	1124.176339	4615	1778	7518
108	450	550	1000	4175	125	1125.334936	4637	1784	7547
109	450	551	1001	4180	125	1126.490716	4659	1790	7576
110	450	552	1002	4184	126	1127.643696	4682	1795	7605
111	450	553	1003	4189	126	1128.793891	4704	1801	7634
112	450	554	1004	4194	126	1129.941318	4726	1807	7663
113	450	555	1005	4198	126	1131.085992	4748	1812	7692
114	450	556	1006	4203	126	1132.227928	4771	1818	7721
115	450	557	1007	4207	126	1133.367144	4793	1824	7750
116	450	558	1008	4211	126	1134.503652	4816	1829	7780
117	450	559	1009	4216	126	1135.63747	4838	1835	7809
118	450	560	1010	4220	127	1136.768611	4861	1841	7838
119	450	561	1011	4225	127	1137.897091	4883	1846	7867
120	450	562	1012	4229	127	1139.022925	4906	1852	7897
121	450	563	1013	4233	127	1140.146126	4928	1858	7926
122	450	564	1014	4238	127	1141.26671	4951	1863	7956
123	450	565	1015	4242	127	1142.384691	4974	1869	7985
124	450	566	1016	4246	127	1143.500082	4996	1875	8015
125	450	567	1017	4251	128	1144.612899	5019	1880	8044
126	450	568	1018	4255	128	1145.723155	5042	1886	8074

ALTERNATIVAS

Alternativa	WME (t)	WRP (t)	WQP (t)	VMQ (m3)	WQR (t)	WQ (t)	WST (t)	WOA (t)	WR (t)
127	450	553	1003	4256	128	1130.763971	4661	1790	7582
128	450	554	1004	4260	128	1131.937836	4684	1796	7612
129	450	555	1005	4265	128	1133.108833	4706	1802	7641
130	450	556	1006	4270	128	1134.276979	4729	1807	7670
131	450	557	1007	4274	128	1135.442291	4751	1813	7700
132	450	558	1008	4279	128	1136.604785	4774	1819	7729
133	450	559	1009	4284	129	1137.764477	4797	1825	7759
134	450	560	1010	4288	129	1138.921382	4819	1830	7788
135	450	561	1011	4293	129	1140.075518	4842	1836	7818
136	450	562	1012	4297	129	1141.226899	4865	1842	7848
137	450	563	1013	4302	129	1142.375541	4887	1847	7877
138	450	564	1014	4307	129	1143.521459	4910	1853	7907
139	450	565	1015	4311	129	1144.664669	4933	1859	7937
140	450	566	1016	4315	129	1145.805186	4956	1865	7966
141	450	567	1017	4320	130	1146.943024	4979	1870	7996
142	450	568	1018	4324	130	1148.078198	5002	1876	8026
143	450	569	1019	4329	130	1149.210723	5025	1882	8056
144	450	570	1020	4333	130	1150.340614	5048	1888	8086
145	450	571	1021	4338	130	1151.467885	5071	1893	8115
146	450	572	1022	4342	130	1152.592549	5094	1899	8145
147	450	573	1023	4346	130	1153.714622	5117	1905	8175
148	450	558	1008	4346	130	1138.538136	4730	1808	7676
149	450	559	1009	4351	131	1139.724461	4753	1813	7706
150	450	560	1010	4356	131	1140.907884	4776	1819	7736
151	450	561	1011	4361	131	1142.088422	4799	1825	7766
152	450	562	1012	4365	131	1143.266091	4821	1831	7796
153	450	563	1013	4370	131	1144.440908	4844	1837	7825
154	450	564	1014	4375	131	1145.612889	4867	1842	7855
155	450	565	1015	4380	131	1146.782052	4890	1848	7885
156	450	566	1016	4384	132	1147.94841	4913	1854	7915
157	450	567	1017	4389	132	1149.111982	4936	1860	7945
158	450	568	1018	4393	132	1150.272781	4959	1866	7975
159	450	569	1019	4398	132	1151.430824	4982	1871	8005
160	450	571	1021	4403	132	1152.586126	5006	1877	8035
161	450	572	1022	4407	132	1153.738703	5029	1883	8066
162	450	573	1023	4412	132	1154.888569	5052	1889	8096
163	450	574	1024	4416	132	1156.03574	5075	1895	8126
164	450	575	1025	4421	133	1157.18023	5099	1900	8156
165	450	576	1026	4425	133	1158.322055	5122	1906	8186
166	450	577	1027	4430	133	1159.461227	5145	1912	8217
167	450	578	1028	4434	133	1160.597763	5169	1918	8247
168	450	579	1029	4439	133	1161.731676	5192	1924	8277

ALTERNATIVAS

Alternativa	WME (t)	WRP (t)	WQP (t)	VMQ (m3)	WQR (t)	WQ (t)	WST (t)	WOA (t)	WR (t)
169	450	563	1013	4438	133	1146.337439	4799	1825	7771
170	450	564	1014	4442	133	1147.536249	4822	1831	7801
171	450	565	1015	4447	133	1148.732123	4845	1837	7831
172	450	566	1016	4452	134	1149.925077	4869	1843	7861
173	450	567	1017	4457	134	1151.115129	4892	1849	7892
174	450	568	1018	4462	134	1152.302294	4915	1854	7922
175	450	569	1019	4467	134	1153.48659	4938	1860	7952
176	450	571	1021	4472	134	1154.668034	4962	1866	7982
177	450	572	1022	4476	134	1155.84664	4985	1872	8013
178	450	573	1023	4481	134	1157.022426	5008	1878	8043
179	450	574	1024	4486	135	1158.195407	5032	1884	8074
180	450	575	1025	4491	135	1159.365599	5055	1890	8104
181	450	576	1026	4495	135	1160.533018	5079	1895	8135
182	450	577	1027	4500	135	1161.697679	5102	1901	8165
183	450	578	1028	4505	135	1162.859598	5126	1907	8196
184	450	579	1029	4509	135	1164.018789	5149	1913	8226
185	450	580	1030	4514	135	1165.175267	5173	1919	8257
186	450	581	1031	4518	136	1166.329048	5197	1925	8288
187	450	582	1032	4523	136	1167.480147	5220	1931	8318
188	450	583	1033	4528	136	1168.628577	5244	1936	8349
189	450	584	1034	4532	136	1169.774353	5268	1942	8380
190	450	568	1018	4530	136	1154.161912	4869	1843	7866
191	450	569	1019	4535	136	1155.373234	4892	1849	7896
192	450	570	1020	4540	136	1156.581584	4915	1855	7927
193	450	571	1021	4545	136	1157.78698	4939	1860	7957
194	450	572	1022	4550	136	1158.989439	4963	1866	7988
195	450	574	1024	4555	137	1160.188978	4986	1872	8019
196	450	575	1025	4560	137	1161.385613	5010	1878	8049
197	450	576	1026	4565	137	1162.579363	5033	1884	8080
198	450	577	1027	4570	137	1163.770242	5057	1890	8111
199	450	578	1028	4574	137	1164.958267	5081	1896	8142
200	450	579	1029	4579	137	1166.143454	5105	1902	8172
201	450	580	1030	4584	138	1167.32582	5128	1908	8203
202	450	581	1031	4589	138	1168.505379	5152	1914	8234
203	450	582	1032	4594	138	1169.682148	5176	1920	8265
204	450	583	1033	4598	138	1170.856143	5200	1925	8296
205	450	584	1034	4603	138	1172.027378	5224	1931	8327
206	450	585	1035	4608	138	1173.195868	5248	1937	8358
207	450	586	1036	4613	138	1174.36163	5272	1943	8389
208	450	587	1037	4617	139	1175.524677	5296	1949	8421
209	450	588	1038	4622	139	1176.685025	5320	1955	8452
210	450	589	1039	4626	139	1177.842688	5344	1961	8483

ALTERNATIVAS

Alternativa	WME (t)	WRP (t)	WQP (t)	VMQ (m3)	WQR (t)	WQ (t)	WST (t)	WOA (t)	WR (t)
211	450	573	1023	4623	139	1162.011589	4938	1860	7961
212	450	574	1024	4628	139	1163.235447	4962	1866	7992
213	450	575	1025	4634	139	1164.456299	4986	1872	8023
214	450	577	1027	4639	139	1165.674162	5010	1878	8054
215	450	578	1028	4644	139	1166.889054	5034	1884	8085
216	450	579	1029	4649	139	1168.100992	5057	1890	8116
217	450	580	1030	4654	140	1169.309992	5081	1896	8147
218	450	581	1031	4659	140	1170.516072	5105	1902	8178
219	450	582	1032	4664	140	1171.719248	5129	1908	8209
220	450	583	1033	4669	140	1172.919537	5154	1914	8240
221	450	584	1034	4674	140	1174.116955	5178	1920	8272
222	450	585	1035	4679	140	1175.311518	5202	1926	8303
223	450	586	1036	4683	141	1176.503242	5226	1932	8334
224	450	587	1037	4688	141	1177.692144	5250	1938	8366
225	450	588	1038	4693	141	1178.878238	5274	1944	8397
226	450	589	1039	4698	141	1180.061541	5299	1950	8428
227	450	590	1040	4703	141	1181.242067	5323	1956	8460
228	450	591	4708	141	732.4198327	5347	1962	8041	VALE
229	450	592	4712	141	733.5948523	5372	1968	8073	VALE
230	450	593	4717	142	734.767141	5396	1974	8105	VALE
231	450	594	4722	142	735.9367137	5421	1980	8136	VALE

ALTERNATIVAS

Alternativa	Vcar(m3)	TPM	I2	Vlas (m3)	I4	I5	k1	k2	k3	k4	k5	Im
1	24800	20000	0.8244	7800	0.1507	0.1357	3	2	1	2	3	29.0599
2	24800	20000	0.8209	7800	0.1502	0.1358	3	2	1	2	3	28.9834
3	24800	20000	0.8174	7800	0.1497	0.1359	3	2	1	2	3	28.9074
4	24800	20000	0.8139	7800	0.1493	0.1360	3	2	1	2	3	28.8320
5	24800	20000	0.8104	7800	0.1488	0.1361	3	2	1	2	3	28.7570
6	24800	20000	0.8070	7800	0.1483	0.1362	3	2	1	2	3	28.6825
7	24800	20000	0.8036	7800	0.1479	0.1363	3	2	1	2	3	28.6085
8	24800	20000	0.8002	7800	0.1474	0.1363	3	2	1	2	3	28.5350
9	24800	20000	0.7968	7800	0.1469	0.1364	3	2	1	2	3	28.4619
10	24800	20000	0.7935	7800	0.1465	0.1365	3	2	1	2	3	28.3894
11	24800	20000	0.7902	7800	0.1460	0.1366	3	2	1	2	3	28.3173
12	24800	20000	0.7869	7800	0.1456	0.1367	3	2	1	2	3	28.2456
13	24800	20000	0.7837	7800	0.1451	0.1368	3	2	1	2	3	28.1745
14	24800	20000	0.7805	7800	0.1447	0.1369	3	2	1	2	3	28.1037
15	24800	20000	0.7773	7800	0.1442	0.1369	3	2	1	2	3	28.0335
16	24800	20000	0.7741	7800	0.1438	0.1370	3	2	1	2	3	27.9636
17	24800	20000	0.7710	7800	0.1434	0.1371	3	2	1	2	3	27.8942
18	24800	20000	0.7678	7800	0.1429	0.1372	3	2	1	2	3	27.8253
19	24800	20000	0.7647	7800	0.1425	0.1373	3	2	1	2	3	27.7568
20	24800	20000	0.7617	7800	0.1421	0.1374	3	2	1	2	3	27.6887
21	24800	20000	0.7586	7800	0.1416	0.1375	3	2	1	2	3	27.6210
22	24800	20000	0.8075	7800	0.1476	0.1347	3	2	1	2	3	28.6654
23	24800	20000	0.8040	7800	0.1471	0.1348	3	2	1	2	3	28.5900
24	24800	20000	0.8006	7800	0.1467	0.1349	3	2	1	2	3	28.5151
25	24800	20000	0.7972	7800	0.1462	0.1350	3	2	1	2	3	28.4406
26	24800	20000	0.7938	7800	0.1457	0.1350	3	2	1	2	3	28.3667
27	24800	20000	0.7904	7800	0.1453	0.1351	3	2	1	2	3	28.2932
28	24800	20000	0.7871	7800	0.1448	0.1352	3	2	1	2	3	28.2203
29	24800	20000	0.7838	7800	0.1444	0.1353	3	2	1	2	3	28.1478
30	24800	20000	0.7805	7800	0.1439	0.1354	3	2	1	2	3	28.0757
31	24800	20000	0.7772	7800	0.1435	0.1355	3	2	1	2	3	28.0042
32	24800	20000	0.7740	7800	0.1430	0.1356	3	2	1	2	3	27.9331
33	24800	20000	0.7708	7800	0.1426	0.1356	3	2	1	2	3	27.8624
34	24800	20000	0.7676	7800	0.1421	0.1357	3	2	1	2	3	27.7922
35	24800	20000	0.7645	7800	0.1417	0.1358	3	2	1	2	3	27.7225
36	24800	20000	0.7613	7800	0.1413	0.1359	3	2	1	2	3	27.6532
37	24800	20000	0.7582	7800	0.1408	0.1360	3	2	1	2	3	27.5843
38	24800	20000	0.7551	7800	0.1404	0.1361	3	2	1	2	3	27.5159
39	24800	20000	0.7521	7800	0.1400	0.1362	3	2	1	2	3	27.4479
40	24800	20000	0.7491	7800	0.1396	0.1362	3	2	1	2	3	27.3803
41	24800	20000	0.7460	7800	0.1391	0.1363	3	2	1	2	3	27.3131
42	24800	20000	0.7430	7800	0.1387	0.1364	3	2	1	2	3	27.2464

ALTERNATIVAS

Alternativa	Vcar(m3)	TPM	I2	Vlas (m3)	I4	I5	k1	k2	k3	k4	k5	Im
43	24800	20000	0.7911	7800	0.1446	0.1337	3	2	1	2	3	28.2804
44	24800	20000	0.7877	7800	0.1442	0.1338	3	2	1	2	3	28.2060
45	24800	20000	0.7843	7800	0.1437	0.1338	3	2	1	2	3	28.1321
46	24800	20000	0.7810	7800	0.1432	0.1339	3	2	1	2	3	28.0587
47	24800	20000	0.7777	7800	0.1428	0.1340	3	2	1	2	3	27.9857
48	24800	20000	0.7744	7800	0.1423	0.1341	3	2	1	2	3	27.9133
49	24800	20000	0.7711	7800	0.1419	0.1342	3	2	1	2	3	27.8413
50	24800	20000	0.7679	7800	0.1414	0.1343	3	2	1	2	3	27.7698
51	24800	20000	0.7647	7800	0.1410	0.1344	3	2	1	2	3	27.6987
52	24800	20000	0.7615	7800	0.1406	0.1344	3	2	1	2	3	27.6281
53	24800	20000	0.7583	7800	0.1401	0.1345	3	2	1	2	3	27.5580
54	24800	20000	0.7552	7800	0.1397	0.1346	3	2	1	2	3	27.4883
55	24800	20000	0.7520	7800	0.1393	0.1347	3	2	1	2	3	27.4191
56	24800	20000	0.7489	7800	0.1388	0.1348	3	2	1	2	3	27.3503
57	24800	20000	0.7459	7800	0.1384	0.1349	3	2	1	2	3	27.2819
58	24800	20000	0.7428	7800	0.1380	0.1350	3	2	1	2	3	27.2140
59	24800	20000	0.7398	7800	0.1376	0.1351	3	2	1	2	3	27.1465
60	24800	20000	0.7368	7800	0.1371	0.1351	3	2	1	2	3	27.0794
61	24800	20000	0.7338	7800	0.1367	0.1352	3	2	1	2	3	27.0128
62	24800	20000	0.7309	7800	0.1363	0.1353	3	2	1	2	3	26.9466
63	24800	20000	0.7280	7800	0.1359	0.1354	3	2	1	2	3	26.8807
64	24800	20000	0.7752	7800	0.1417	0.1327	3	2	1	2	3	27.9044
65	24800	20000	0.7719	7800	0.1413	0.1328	3	2	1	2	3	27.8310
66	24800	20000	0.7686	7800	0.1408	0.1328	3	2	1	2	3	27.7581
67	24800	20000	0.7653	7800	0.1404	0.1329	3	2	1	2	3	27.6857
68	24800	20000	0.7620	7800	0.1399	0.1330	3	2	1	2	3	27.6137
69	24800	20000	0.7588	7800	0.1395	0.1331	3	2	1	2	3	27.5423
70	24800	20000	0.7556	7800	0.1390	0.1332	3	2	1	2	3	27.4713
71	24800	20000	0.7524	7800	0.1386	0.1333	3	2	1	2	3	27.4007
72	24800	20000	0.7493	7800	0.1382	0.1334	3	2	1	2	3	27.3306
73	24800	20000	0.7462	7800	0.1377	0.1334	3	2	1	2	3	27.2610
74	24800	20000	0.7431	7800	0.1373	0.1335	3	2	1	2	3	27.1918
75	24800	20000	0.7400	7800	0.1369	0.1336	3	2	1	2	3	27.1231
76	24800	20000	0.7369	7800	0.1365	0.1337	3	2	1	2	3	27.0548
77	24800	20000	0.7339	7800	0.1360	0.1338	3	2	1	2	3	26.9869
78	24800	20000	0.7309	7800	0.1356	0.1339	3	2	1	2	3	26.9195
79	24800	20000	0.7279	7800	0.1352	0.1340	3	2	1	2	3	26.8525
80	24800	20000	0.7249	7800	0.1348	0.1340	3	2	1	2	3	26.7859
81	24800	20000	0.7220	7800	0.1344	0.1341	3	2	1	2	3	26.7197
82	24800	20000	0.7191	7800	0.1340	0.1342	3	2	1	2	3	26.6540
83	**24800**	**20000**	**0.7162**	**7800**	**0.1336**	**0.1343**	**3**	**2**	**1**	**2**	**3**	**26.5886**
84	**24800**	**20000**	**0.7133**	**7800**	**0.1332**	**0.1344**	**3**	**2**	**1**	**2**	**3**	**26.5237**

ALTERNATIVAS

Alternativa	Vcar(m3)	TPM	I2	Vlas (m3)	I4	I5	k1	k2	k3	k4	k5	Im
85	24800	20000	0.7598	7800	0.1389	0.1317	3	2	1	2	3	27.5372
86	24800	20000	0.7565	7800	0.1384	0.1318	3	2	1	2	3	27.4648
87	24800	20000	0.7533	7800	0.1380	0.1319	3	2	1	2	3	27.3929
88	24800	20000	0.7501	7800	0.1376	0.1319	3	2	1	2	3	27.3215
89	24800	20000	0.7469	7800	0.1371	0.1320	3	2	1	2	3	27.2505
90	24800	20000	0.7437	7800	0.1367	0.1321	3	2	1	2	3	27.1800
91	24800	20000	0.7406	7800	0.1363	0.1322	3	2	1	2	3	27.1099
92	24800	20000	0.7375	7800	0.1358	0.1323	3	2	1	2	3	27.0403
93	24800	20000	0.7344	7800	0.1354	0.1324	3	2	1	2	3	26.9712
94	24800	20000	0.7313	7800	0.1350	0.1325	3	2	1	2	3	26.9025
95	24800	20000	0.7283	7800	0.1346	0.1325	3	2	1	2	3	26.8342
96	24800	20000	0.7252	7800	0.1342	0.1326	3	2	1	2	3	26.7664
97	24800	20000	0.7223	7800	0.1337	0.1327	3	2	1	2	3	26.6990
98	**24800**	**20000**	**0.7193**	**7800**	**0.1333**	**0.1328**	**3**	**2**	**1**	**2**	**3**	**26.6320**
99	**24800**	**20000**	**0.7163**	**7800**	**0.1329**	**0.1329**	**3**	**2**	**1**	**2**	**3**	**26.5655**
100	**24800**	**20000**	**0.7134**	**7800**	**0.1325**	**0.1330**	**3**	**2**	**1**	**2**	**3**	**26.4994**
101	**24800**	**20000**	**0.7105**	**7800**	**0.1321**	**0.1331**	**3**	**2**	**1**	**2**	**3**	**26.4337**
102	**24800**	**20000**	**0.7076**	**7800**	**0.1317**	**0.1331**	**3**	**2**	**1**	**2**	**3**	**26.3684**
103	**24800**	**20000**	**0.7048**	**7800**	**0.1313**	**0.1332**	**3**	**2**	**1**	**2**	**3**	**26.3035**
104	**24800**	**20000**	**0.7019**	**7800**	**0.1309**	**0.1333**	**3**	**2**	**1**	**2**	**3**	**26.2391**
105	**24800**	**20000**	**0.6991**	**7800**	**0.1305**	**0.1334**	**3**	**2**	**1**	**2**	**3**	**26.1750**
106	24800	20000	0.7448	7800	0.1362	0.1307	3	2	1	2	3	27.1786
107	24800	20000	0.7416	7800	0.1357	0.1308	3	2	1	2	3	27.1071
108	24800	20000	0.7384	7800	0.1353	0.1309	3	2	1	2	3	27.0361
109	24800	20000	0.7353	7800	0.1349	0.1310	3	2	1	2	3	26.9656
110	24800	20000	0.7322	7800	0.1344	0.1311	3	2	1	2	3	26.8956
111	24800	20000	0.7291	7800	0.1340	0.1311	3	2	1	2	3	26.8260
112	24800	20000	0.7260	7800	0.1336	0.1312	3	2	1	2	3	26.7569
113	24800	20000	0.7229	7800	0.1332	0.1313	3	2	1	2	3	26.6882
114	24800	20000	0.7199	7800	0.1327	0.1314	3	2	1	2	3	26.6200
115	24800	20000	0.7169	7800	0.1323	0.1315	3	2	1	2	3	26.5522
116	24800	20000	0.7139	7800	0.1319	0.1316	3	2	1	2	3	26.4849
117	24800	20000	0.7110	7800	0.1315	0.1317	3	2	1	2	3	26.4179
118	24800	20000	0.7080	7800	0.1311	0.1317	3	2	1	2	3	26.3514
119	24800	20000	0.7051	7800	0.1307	0.1318	3	2	1	2	3	26.2854
120	24800	20000	0.7022	7800	0.1303	0.1319	3	2	1	2	3	26.2197
121	24800	20000	0.6994	7800	0.1299	0.1320	3	2	1	2	3	26.1545
122	24800	20000	0.6965	7800	0.1295	0.1321	3	2	1	2	3	26.0897
123	24800	20000	0.6937	7800	0.1291	0.1322	3	2	1	2	3	26.0252
124	24800	20000	0.6909	7800	0.1287	0.1323	3	2	1	2	3	25.9612
125	24800	20000	0.6881	7800	0.1283	0.1324	3	2	1	2	3	25.8976
126	24800	20000	0.6854	7800	0.1280	0.1324	3	2	1	2	3	25.8344

ALTERNATIVAS

Alternativa	Vcar(m3)	TPM	I2	Vlas (m3)	I4	I5	k1	k2	k3	k4	k5	Im
127	24800	20000	0.7303	7800	0.1335	0.1298	3	2	1	2	3	26.8281
128	24800	20000	0.7272	7800	0.1331	0.1299	3	2	1	2	3	26.7576
129	24800	20000	0.7240	7800	0.1326	0.1299	3	2	1	2	3	26.6876
130	24800	20000	0.7209	7800	0.1322	0.1300	3	2	1	2	3	26.6180
131	24800	20000	0.7179	7800	0.1318	0.1301	3	2	1	2	3	26.5489
132	24800	20000	0.7148	7800	0.1314	0.1302	3	2	1	2	3	26.4802
133	24800	20000	0.7118	7800	0.1310	0.1303	3	2	1	2	3	26.4120
134	24800	20000	0.7088	7800	0.1306	0.1304	3	2	1	2	3	26.3442
135	24800	20000	0.7059	7800	0.1302	0.1305	3	2	1	2	3	26.2769
136	24800	20000	0.7029	7800	0.1298	0.1305	3	2	1	2	3	26.2100
137	24800	20000	0.7000	7800	0.1293	0.1306	3	2	1	2	3	26.1435
138	24800	20000	0.6971	7800	0.1289	0.1307	3	2	1	2	3	26.0775
139	24800	20000	0.6942	7800	0.1286	0.1308	3	2	1	2	3	26.0118
140	24800	20000	0.6914	7800	0.1282	0.1309	3	2	1	2	3	25.9466
141	24800	20000	0.6885	7800	0.1278	0.1310	3	2	1	2	3	25.8819
142	24800	20000	0.6857	7800	0.1274	0.1311	3	2	1	2	3	25.8175
143	24800	20000	0.6829	7800	0.1270	0.1311	3	2	1	2	3	25.7535
144	24800	20000	0.6802	7800	0.1266	0.1312	3	2	1	2	3	25.6899
145	24800	20000	0.6774	7800	0.1262	0.1313	3	2	1	2	3	25.6268
146	24800	20000	0.6747	7800	0.1258	0.1314	3	2	1	2	3	25.5640
147	24800	20000	0.6720	7800	0.1255	0.1315	3	2	1	2	3	25.5016
148	24800	20000	0.7162	7800	0.1309	0.1288	3	2	1	2	3	26.4856
149	24800	20000	0.7131	7800	0.1305	0.1289	3	2	1	2	3	26.4160
150	24800	20000	0.7100	7800	0.1301	0.1290	3	2	1	2	3	26.3469
151	24800	20000	0.7070	7800	0.1297	0.1291	3	2	1	2	3	26.2782
152	24800	20000	0.7040	7800	0.1293	0.1292	3	2	1	2	3	26.2100
153	24800	20000	0.7010	7800	0.1289	0.1293	3	2	1	2	3	26.1422
154	24800	20000	0.6981	7800	0.1284	0.1294	3	2	1	2	3	26.0749
155	24800	20000	0.6951	7800	0.1280	0.1294	3	2	1	2	3	26.0080
156	24800	20000	0.6922	7800	0.1276	0.1295	3	2	1	2	3	25.9416
157	24800	20000	0.6893	7800	0.1272	0.1296	3	2	1	2	3	25.8755
158	24800	20000	0.6865	7800	0.1269	0.1297	3	2	1	2	3	25.8099
159	24800	20000	0.6836	7800	0.1265	0.1298	3	2	1	2	3	25.7447
160	24800	20000	0.6808	7800	0.1261	0.1299	3	2	1	2	3	25.6800
161	24800	20000	0.6780	7800	0.1257	0.1300	3	2	1	2	3	25.6156
162	24800	20000	0.6752	7800	0.1253	0.1300	3	2	1	2	3	25.5517
163	24800	20000	0.6725	7800	0.1249	0.1301	3	2	1	2	3	25.4881
164	24800	20000	0.6697	7800	0.1245	0.1302	3	2	1	2	3	25.4250
165	24800	20000	0.6670	7800	0.1242	0.1303	3	2	1	2	3	25.3622
166	24800	20000	0.6643	7800	0.1238	0.1304	3	2	1	2	3	25.2999
167	24800	20000	0.6617	7800	0.1234	0.1305	3	2	1	2	3	25.2379
168	24800	20000	0.6590	7800	0.1230	0.1306	3	2	1	2	3	25.1763

ALTERNATIVAS

Alternativa	Vcar(m3)	TPM	I2	Vlas (m3)	I4	I5	k1	k2	k3	k4	k5	Im
169	24800	20000	0.7025	7800	0.1284	0.1279	3	2	1	2	3	26.1508
170	24800	20000	0.6995	7800	0.1280	0.1280	3	2	1	2	3	26.0821
171	24800	20000	0.6965	7800	0.1276	0.1281	3	2	1	2	3	26.0139
172	24800	20000	0.6935	7800	0.1272	0.1282	3	2	1	2	3	25.9461
173	24800	20000	0.6905	7800	0.1268	0.1283	3	2	1	2	3	25.8788
174	24800	20000	0.6876	7800	0.1264	0.1284	3	2	1	2	3	25.8119
175	24800	20000	0.6847	7800	0.1260	0.1284	3	2	1	2	3	25.7454
176	24800	20000	0.6818	7800	0.1256	0.1285	3	2	1	2	3	25.6794
177	24800	20000	0.6790	7800	0.1252	0.1286	3	2	1	2	3	25.6138
178	24800	20000	0.6761	7800	0.1248	0.1287	3	2	1	2	3	25.5486
179	24800	20000	0.6733	7800	0.1244	0.1288	3	2	1	2	3	25.4838
180	24800	20000	0.6705	7800	0.1240	0.1289	3	2	1	2	3	25.4195
181	24800	20000	0.6678	7800	0.1237	0.1290	3	2	1	2	3	25.3555
182	24800	20000	0.6650	7800	0.1233	0.1290	3	2	1	2	3	25.2920
183	24800	20000	0.6623	7800	0.1229	0.1291	3	2	1	2	3	25.2289
184	24800	20000	0.6596	7800	0.1225	0.1292	3	2	1	2	3	25.1662
185	24800	20000	0.6569	7800	0.1221	0.1293	3	2	1	2	3	25.1038
186	24800	20000	0.6543	7800	0.1218	0.1294	3	2	1	2	3	25.0419
187	24800	20000	0.6516	7800	0.1214	0.1295	3	2	1	2	3	24.9804
188	24800	20000	0.6490	7800	0.1210	0.1296	3	2	1	2	3	24.9192
189	24800	20000	0.6464	7800	0.1207	0.1296	3	2	1	2	3	24.8584
190	24800	20000	0.6892	7800	0.1260	0.1270	3	2	1	2	3	25.8235
191	24800	20000	0.6862	7800	0.1256	0.1271	3	2	1	2	3	25.7557
192	24800	20000	0.6833	7800	0.1252	0.1272	3	2	1	2	3	25.6883
193	24800	20000	0.6803	7800	0.1248	0.1273	3	2	1	2	3	25.6214
194	24800	20000	0.6774	7800	0.1244	0.1274	3	2	1	2	3	25.5549
195	24800	20000	0.6746	7800	0.1240	0.1275	3	2	1	2	3	25.4889
196	24800	20000	0.6717	7800	0.1236	0.1275	3	2	1	2	3	25.4232
197	24800	20000	0.6689	7800	0.1232	0.1276	3	2	1	2	3	25.3580
198	24800	20000	0.6661	7800	0.1228	0.1277	3	2	1	2	3	25.2933
199	24800	20000	0.6633	7800	0.1224	0.1278	3	2	1	2	3	25.2289
200	24800	20000	0.6606	7800	0.1221	0.1279	3	2	1	2	3	25.1650
201	24800	20000	0.6578	7800	0.1217	0.1280	3	2	1	2	3	25.1015
202	24800	20000	0.6551	7800	0.1213	0.1281	3	2	1	2	3	25.0383
203	24800	20000	0.6524	7800	0.1209	0.1282	3	2	1	2	3	24.9756
204	24800	20000	0.6497	7800	0.1206	0.1282	3	2	1	2	3	24.9133
205	24800	20000	0.6471	7800	0.1202	0.1283	3	2	1	2	3	24.8514
206	24800	20000	0.6445	7800	0.1198	0.1284	3	2	1	2	3	24.7899
207	24800	20000	0.6418	7800	0.1195	0.1285	3	2	1	2	3	24.7287
208	24800	20000	0.6393	7800	0.1191	0.1286	3	2	1	2	3	24.6679
209	24800	20000	0.6367	7800	0.1187	0.1287	3	2	1	2	3	24.6076
210	24800	20000	0.6341	7800	0.1184	0.1288	3	2	1	2	3	24.5475

ALTERNATIVAS

Alternativa	Vcar(m3)	TPM	I2	Vlas (m3)	I4	I5	k1	k2	k3	k4	k5	Im
211	24800	20000	0.6762	7800	0.1236	0.1262	3	2	1	2	3	25.5034
212	24800	20000	0.6733	7800	0.1232	0.1262	3	2	1	2	3	25.4364
213	24800	20000	0.6704	7800	0.1228	0.1263	3	2	1	2	3	25.3699
214	24800	20000	0.6676	7800	0.1224	0.1264	3	2	1	2	3	25.3038
215	24800	20000	0.6647	7800	0.1220	0.1265	3	2	1	2	3	25.2382
216	24800	20000	0.6619	7800	0.1217	0.1266	3	2	1	2	3	25.1730
217	24800	20000	0.6591	7800	0.1213	0.1267	3	2	1	2	3	25.1082
218	24800	20000	0.6563	7800	0.1209	0.1268	3	2	1	2	3	25.0438
219	24800	20000	0.6536	7800	0.1205	0.1268	3	2	1	2	3	24.9799
220	24800	20000	0.6509	7800	0.1201	0.1269	3	2	1	2	3	24.9163
221	24800	20000	0.6482	7800	0.1198	0.1270	3	2	1	2	3	24.8532
222	24800	20000	0.6455	7800	0.1194	0.1271	3	2	1	2	3	24.7905
223	24800	20000	0.6428	7800	0.1190	0.1272	3	2	1	2	3	24.7281
224	24800	20000	0.6402	7800	0.1187	0.1273	3	2	1	2	3	24.6662
225	24800	20000	0.6375	7800	0.1183	0.1274	3	2	1	2	3	24.6047
226	24800	20000	0.6349	7800	0.1179	0.1274	3	2	1	2	3	24.5436
227	24800	20000	0.6324	7800	0.1176	0.1275	3	2	1	2	3	24.4828
228	24800	20000	0.6298	7800	0.1172	0.1209	3	2	1	2	3	24.4243
229	24800	20000	0.6273	7800	0.1169	0.1210	3	2	1	2	3	24.3643
230	24800	20000	0.6247	7800	0.1165	0.1211	3	2	1	2	3	24.3046
231	24800	20000	0.6222	7800	0.1162	0.1212	3	2	1	2	3	24.2454

BUQUE POLIVALENTE 20000 TPM

CUADERNO Nº 2
FORMAS

Proyecto nº 1674
Tutor: D. Francisco Alonso Thous

Jesús Enrique Terciado Terciado

Antonio Villalba Herreros

INDICE

1-. COMENTARIOS PRELIMINARES

Antes de pasar a describir el proceso seguido para definir las formas de nuestro buque pondremos de manifiesto unos principios que son aplicables a todas las parte del presente proyecto.

Sabemos que en el proceso de realización de un proyecto seguimos lo que se llama la "espiral del proyecto". En nuestro caso hemos avanzado en esta espiral hasta el paso posterior al actual, esto es, a la definición de la disposición general. Cuando nos pusimos a calcular el volumen disponible de bodegas obtuvimos una cifra cercana a los 29.000 m^3, lo que sobrepasa de forma grosera las especificaciones que tenemos en el proyecto, que pide 24.800 m^3 de volumen de bodegas. No podemos entregar un buque con un volumen mayor que el deseado sin ninguna justificación, ya que esto supone un costo de producción mayor que no nos van a pagar, además de contravenir las indicaciones del armador.

Achacamos la causa de este desfase a que los buques que empleamos como modelo son buques con unos sistemas de carga y descarga bastante complejos. En nuestro caso, estos medios son los más sencillos posibles, cosa que ya quedó justificada en la memoria del proyecto. Además de esta causa, también tenemos que los datos de los que disponíamos eran muy pobres, por lo que no pudimos deducir coeficientes de experiencia para corregir las correlaciones empleadas.

La unión de todo esto ha hecho que tengamos que retroceder en la espiral del proyecto para buscar una solución que se ajuste a las necesidades que tenemos sin derrochar recursos.

A continuación se hará una breve exposición de los resultados del cuaderno de dimensionamiento y los compararemos con los resultados finales a los que hemos llegado, y a partir de este cuaderno haremos mención siempre a las soluciones finales a las que hemos llegado.

Por las previsiones de dimensionamiento teníamos:

$$L_{pp} = 162{,}5m \qquad C_b = 0{,}628$$
$$B = 25m \qquad C_m = 0{,}977$$
$$T = 10{,}64m \qquad C_p = 0{,}643$$
$$D = 14{,}4m \qquad C_w = 0{,}752$$
$$\Delta = 27.127m^3 \qquad GM_{carga} = 2{,}288m$$
$$BHP_{total} = 19.109BHP \qquad v = 19{,}5nudos$$

Los resultados finales son los siguientes:

$$L_{pp} = 154{,}96m \qquad C_b = 0{,}626$$
$$B = 25m \qquad C_m = 0{,}985$$
$$T = 10{,}5m \qquad C_p = 0{,}636$$
$$D = 14{,}4m \qquad C_w = 0{,}799$$
$$\Delta = 26.867{,}1m^3$$

Como ya anunciábamos, el barco definitivo es sensiblemente más pequeño que el que obteníamos en las previsiones. Esto, cumpliendo todas las exigencias en cuanto a volúmenes de bodegas y capacidad de combustible a transportar. Además, tenemos un barco más seguro debido al aumento de C_W y GM en carga, y de menor consumo, lo que redunda en los gastos de explotación.

2-. GENERACIÓN DE FORMAS

Las dimensiones principales (eslora entre perpendiculares, manga, calado y puntal) determinadas en el primer cuadernillo, conjuntamente con los coeficientes de la carena, permitieron la generación de las formas del Buque-Proyecto por medio de la transformación de las formas de un buque plantilla.

Los pasos realizados de cara a la consecución de las formas finales del buque proyecto fueron los siguientes:

a) Modificación del buque plantilla para ajustarnos a los requerimientos de proyecto. Utilizando el módulo de generación de formas Maxsurf Pro se realizaron las siguientes transformaciones a la plantilla:

i. Transformación afín de las dimensiones principales a las deseadas para nuestro buque proyecto (obtenidas de la fase de dimensionamiento inicial)

ii. Ajuste de los coeficientes de la carena. Se ajustó en primer lugar el C_m al deseado y, seguidamente, manteniendo éste constante, se modificó el C_b hasta obtener el del buque proyecto, con la consiguiente transformación del C_p respecto al obtenido en la fase de dimensionamiento.

iii. Ajuste de las dimensiones del buque a las de proyecto, dejando libre el desplazamiento.

Todas estas transformaciones se fueron realizando de forma iterativa hasta llegar a un resultado que estuviese próximo a los obtenidos en el cuaderno anterior.

b) Una vez obtenidas las formas de un buque que cumple con nuestros requerimientos de proyecto, se procedió a un ajuste definitivo de las mismas para obtener un resultado razonable desde el punto de vista hidrodinámico, con lo que seguimos este procedimiento:

i. Se modificaron las zonas de proa y popa hasta obtener los resultados deseados. Esto consistió en la generación de las formas del bulbo de proa, cuyo uso se justificará en el apartado 4; y modificación de los finos de popa y bovedilla en la parte de popa, para conseguir las formas adecuadas.

ii. Alisado de formas realizando pequeñas modificaciones locales de los puntos de control de las superficies que definen la carena del buque proyecto, de forma que se obtuviesen unas superficies lisas y sin aristas en las zonas de empalme de las distintas superficies.

Durante todo el proceso se controlaron los coeficientes de la carena y el desplazamiento de forma que no se saliesen de unos límites.

Adjuntamos al final de este cuaderno el plano de formas, en donde se han definido:

- Seis líneas de agua, además de la línea de flotación (líneas de agua 1 a 7 y DWL). Entre el fondo y la línea de flotación tenemos las líneas de agua 1 a 5; y sobre la línea de flotación, la línea 7, a una distancia igual a la separación entre las anteriores.
- Tres planos longitudinales a B/2, B/3 y B/6 del plano diametral (por cada banda).
- Dos diagonales con ángulos de 45º desde la intersección de la línea de agua nº 7 con crujía, y 60º desde la intersección de la línea de flotación con crujía.
- Las cuadernas se han formado a partir de la división de la eslora total del buque en 20 partes iguales, tomando como origen la perpendicular de popa. Además, tanto en los finos de proa como en los de popa se ha llegado hasta divisiones de un cuarto para más precisión en la representación.

Así mismo, se adjunta la plantilla de trazado, en la que se incluyen puntos hasta la cubierta principal, en base a líneas de agua formadas de igual forma que las que aparecen en el plano.

Y por último, incluimos la tabla de curvas de áreas para el calado de proyecto.

3-. COEFICIENTES DE LA CARENA

Todos los coeficientes que se presentan a continuación son el resultado de la manipulación del casco llevada a cabo con el programa de diseño naval

Maxsurf Pro. El proceso de generación se ha explicado en el epígrafe anterior, por lo que aquí nos limitaremos a presentar los valores resultantes.

$$L_{pp} = 154{,}96m \quad C_b = 0{,}626$$
$$B = 25m \quad C_m = 0{,}985$$
$$T = 10{,}5m \quad C_p = 0{,}636$$
$$D = 14{,}4m \quad C_w = 0{,}799$$
$$\Delta = 26.867{,}1m^3$$

El radio de pantoque escogido debería coincidir con aquél que su desarrollo fuese la plancha normalizada del astillero, con el fin de evitar problemas constructivos del buque y costuras en el pantoque. Estas costuras provocarían fenómenos de formación de torbellinos de agua, que repercutirían directamente en un ligero aumento de resistencia al avance y, lo que es aún peor, una falta de direccionalidad de la corriente de agua qua le llega al propulsor.

A falta de información sobre el astillero, se escogió un radio de 1,5 m, que coincide con la altura del doble fondo que dispondremos.

Finalmente, se comprobó el valor obtenido para KM, de cara a asegurar una adecuada estabilidad transversal.

KMT = 11,098 m

4-. PERFIL DE PROA

La principal característica del perfil de proa diseñado es la presencia de un bulbo.

4.1-. Justificación del bulbo.

Un bulbo bien diseñado suaviza el flujo de agua en el cuerpo de proa y, por lo tanto, la resistencia por olas rompientes disminuye. Además, evita la formación de torbellinos en la proa del buque, que son tan perjudiciales para la hélice.

La existencia del bulbo se apoya en las siguientes consideraciones:

a) Cumple la recomendación habitual de no desechar la posibilidad de considerar bulbo de proa si:

$$C_b \cdot \frac{B}{L_{pp}} < 0{,}135$$

En nuestro caso:

$$C_b \cdot \frac{B}{L_{pp}} = 0{,}099$$

b) El número de Froude del Buque Proyecto es aproximadamente 0,255, lo cual está dentro de los márgenes establecidos en la tesis doctoral del Sr. Carlier. En dicha tesis, se recomienda el bulbo en aquellos casos en los que el número de Froude sea igual o superior a 0,16.

En el mencionado artículo, las recomendaciones de aplicación del bulbo de proa a este tipo de buques se restringen a los márgenes siguientes:

$$0{,}65 < C_b < 0{,}815$$
$$5{,}5 < \frac{L_{pp}}{B} < 6{,}7$$

En nuestro caso, estamos fuera del primer margen y dentro del segundo, puesto que:

$$C_b = 0{,}626$$
$$\frac{L_{pp}}{B} = 6{,}32$$

Podríamos encontrar una justificación para no usar bulbo, con lo que abarataríamos los costes de producción, pero tenemos que:

- estamos muy cerca del límite del estudio;
- cumplimos con el resto de requisitos;
- aunque no haya base científica, al estar cerca de los límites puede que perdamos la oportunidad de una reducción de los costes de explotación por economía de potencia y de confort, seguridad y averías por la reducción del macheteo;
- el buque base escogido, así como la inmensa mayoría de los buques similares, incorporan perfiles de proa con bulbo; y,
- es una exigencia de las especificaciones del proyecto.

4.2-. Parámetros del bulbo

El bulbo diseñado es un bulbo de tipo elíptico integrado en el casco, cuya elección se basa en el buen comportamiento de este tipo de bulbos en la situación de plena carga, además de su fácil integración en las formas del casco.

Con relación a los parámetros del bulbo, estos son los siguientes:

- $\frac{h}{T} = 45{,}7\%$
- Altura, h: 4.800 mm:
- Protuberancia, X_B: 3.336 mm (desde la perpendicular de proa)
- Área transversal: 30,51 m^2
- Manga: 3,8 m
- Altura total: 10,5 m

A continuación se estudiarán los parámetros del bulbo adoptado con relación a los criterios habituales de diseño:

i. La altura del bulbo es el 45,7% del calado de proyecto, lo cual está dentro de los márgenes habituales (35% al 55%).

ii. La protuberancia del bulbo, calculada por la fórmula para lastre, y carga es:

$$X_x = L_{pp} \cdot \left(0{,}2542 \cdot C_b \cdot \frac{B}{L_{pp}} - 0{,}0046 \right) = 3.422mm$$

iii. Se nos ha acortado un poco (menos del 2,5%) debido a las transformaciones que hemos tenido que realizar.

iv. El área del bulbo es el 11,8% del área de la maestra, lo cual se mantiene en los márgenes habituales para cargueros (7% al 10%).

4.3-. Otros aspectos del perfil de proa

Una característica importante del buque proyecto es que no presenta codillo en las secciones de proa (amurada).

La solución escogida permite que el agua deslice por el costado y la amurada de una manera continua, evitando así los impactos de las olas al moverse el buque cabeceando en la mar. Dichos impactos suelen provocar la aparición de grietas en cordón de soldadura o deformaciones en las planchas y refuerzos de dichas secciones.

Con ello se evitan costosos problemas de mantenimiento de la zona dañada y posibles pérdidas de carga, ya que una grieta en la unión de la línea de codillo con el mamparo de proa de la Bodega 1 podría provocar la entrada de agua en su interior y la posible putrefacción de la carga transportada.

5-. PERFIL DE POPA

Para el diseño de la popa se han tenido en cuenta las recomendaciones dadas por el Germanischer Lloyd en cuanto a huelgos, para evitar problemas de cavitación y vibraciones en la bovedilla del codaste.

Se ha adoptado una popa de espejo para conseguir líneas de flotación más esbeltas y minimizar los efectos de desprendimiento de la capa límite (que originan turbulencias). Se ha pretendido no sumergir en exceso el espejo, para evitar un aumento de la resistencia al avance, tratándose, por otro lado, de no dar un ángulo excesivo a la bovedilla del codaste. El espejo es vertical.

La eslora de la popa debe "cubrir" al timón en toda su longitud. Para ello se ha estimado la eslora necesaria para tal tarea análoga a la del buque base (5 m. a popa de la perpendicular de popa). Se ha dejado una eslora superior a ese valor.

Se ha introducido un pequeño bulbo de popa, no solo por la especificación del proyecto, sino también porque mejora las características hidrodinámicas del agua a su llegada al disco propulsor. Así, el coeficiente de estela será más uniforme a lo largo de toda la circunferencia del disco propulsor, con lo que se reducen las posibilidades de cavitación en la pala de la hélice.

El resultado de todas estas consideraciones ha dado lugar al perfil del codaste definitivo.

6-. OTROS ASPECTOS DE LA CARENA

Tal y como se especificó en el apartado 1, las formas finales fueron obtenidas a partir del alisado de las modificaciones realizadas a un buque plantilla proporcionado por Maxsurf.

Los aspectos considerados al proceder al alisado de las formas fueron los siguientes:

- Las líneas de agua deben ser algo romas en la entrada, con pendientes de entrada bajas.
- La transición en la zona central, así como la pendiente de salida, deben ser suaves.

Como resultado de todas las modificaciones y tras el alisado de las líneas de agua, se ha obtenido el plano de formas definitivo.

Para el correcto alisado se han trazado dos planos diagonales, comprobando la adecuada suavidad de las vagras resultantes de la intersección de dichos planos con la carena. Estas líneas son de gran importancia, puesto que dan gran información en cuanto a la forma en que el agua le entra a la hélice.

7-. CURVA DE ÁREAS

Dicha curva se obtiene representando las áreas de cada sección bajo la flotación en función de la eslora, e indica cómo se reparte el desplazamiento a lo largo de la misma.

Se ha representado una curva donde las coordenadas son adimensionales; es decir, se representa el área de cada sección como porcentaje del área de la sección de mayor área.

De la curva se obtiene:

- El volumen de carena (Δ), que es el área encerrada por la curva.
- La posición del centro de gravedad del volumen de carena, que coincide con la posición longitudinal del centro de gravedad del área bajo la curva.
- El coeficiente prismático (C_p):

$$C_p = \frac{\nabla}{A_{\otimes} \cdot L}$$

siendo $A_{\otimes} \cdot L$ = el área del rectángulo circunscrito a la curva de áreas.

La distribución adecuada del desplazamiento, es decir, la elección de la forma de la curva de áreas, es decisiva para alcanzar una resistencia favorable y un buen comportamiento en la mar. En ello desempeñan un cierto papel la longitud del cuerpo cilíndrico, la del cuerpo de entrada y de salida.

Las características de una buena curva de áreas son:

- Tener partes rectas y claras tanto a popa como a proa.
- No presentar inflexiones, “hombros” pronunciados, en la zona de empalme de los cuerpos de proa y popa.
- En general, ser continua y uniforme

Los datos mencionados que podemos obtener de la curva de áreas representada en el Anexo II son los siguientes:

$$C_p = 0{,}636$$
$$\Delta = 26.867{,}1m^3$$
$$X_{cc} = 71{,}924m \approx 46{,}4\%$$

Donde X_{cc} está referenciado a la perpendicular de popa.

8-. BIBLIOGRAFÍA

- Detailed Design of Ship Propellers. Gonzalo Pérez, Juan Gómez Adalid.
- Apuntes de Construcción Naval I (Vol. 1,2, 3 y 4). de la E.T.S.I.N.
- Apuntes de Construcción Naval I., de la E.T.S.I.N.
- Apuntes de Teoría del Buque. de la E.T.S.I.N. (casco y máquinas)
- Apuntes Cátedra de Proyectos de la E.T.S.I.N.
- El proyecto básico del buque mercante. R. Alvariño, J.J. Azpíroz, M. Meizoso

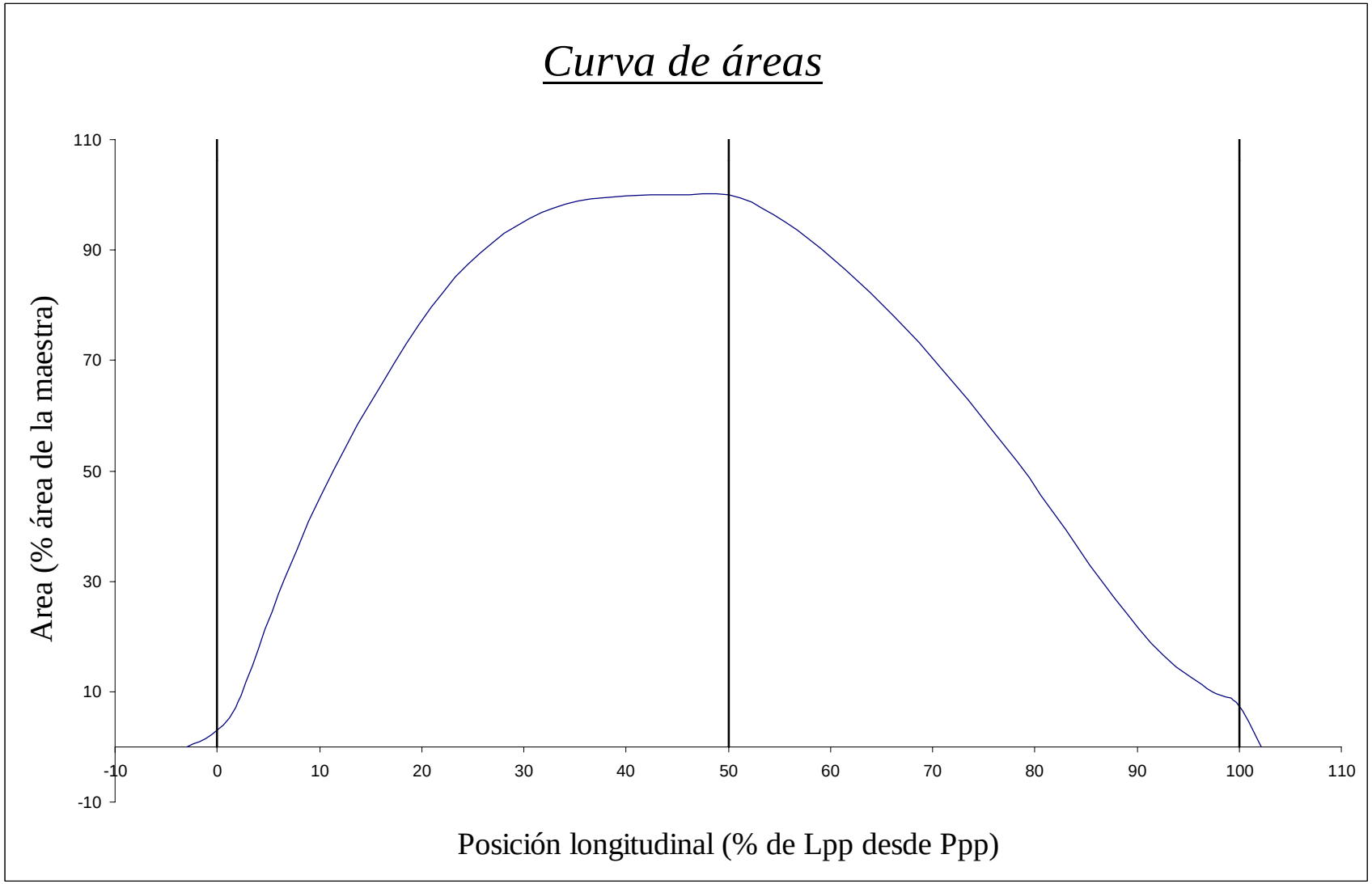
ANEXO I:

TABLA DE CURVA DE ÁREAS

Cuaderna	Abcisa (m)	Área (m^2)	% respecto a maestra
-1/2	-3,874	0,510	0,2
-1/4	-1,937	3,495	1,4
0 (L_{pp})	0	8,265	3,2
1/4	1,937	14,761	5,7
1/2	3,874	23,914	9,2
3/4	5,811	42,239	16,3
1	7,748	59,091	22,9
1+1/2	11,622	89,015	34,4
2	15,496	115,962	44,8
3	23,244	161,304	62,4
4	30,992	199,938	77,3
5	38,74	228,414	88,3
6	46,488	246,044	95,2
7	54,236	255,340	98,8
8	61,984	258,209	99,9
9	69,732	258,245	99,9
10 (L_m)	77,48	258,842	100,0
11	85,228	248,132	96,7
12	92,976	230,060	89,0
13	100,724	207,810	80,4
14	108,472	182,397	70,5
15	116,22	153,870	59,5
16	123,968	122,468	47,4
17	131,716	88,057	34,1
18	139,464	56,229	21,7
18+1/4	141,401	49,500	19,1
18+1/2	143,338	43,352	16,8
18+3/4	145,275	37,798	14,6
19	147,212	32,873	12,7
19+1/4	149,149	28,658	11,1
19+1/2	151,086	25,299	9,8
19+3/4	153,023	22,908	8,9
20 (L_{pr})	154,96	21,642	8,4
20+1/4	156,901	13,219	5,1

ANEXO II:

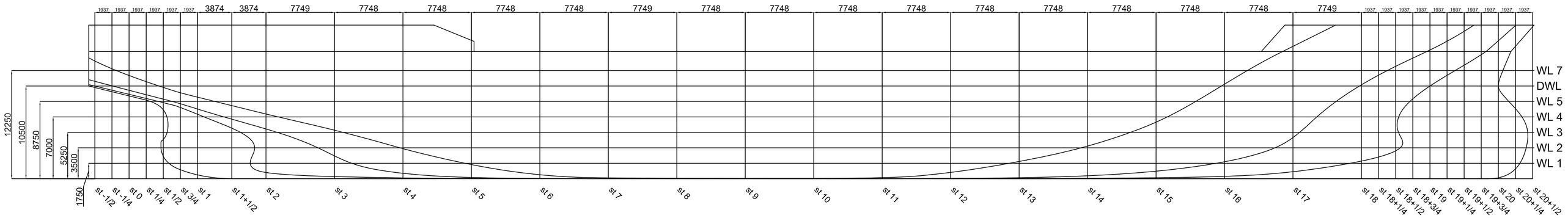
CURVA DE ÁREAS

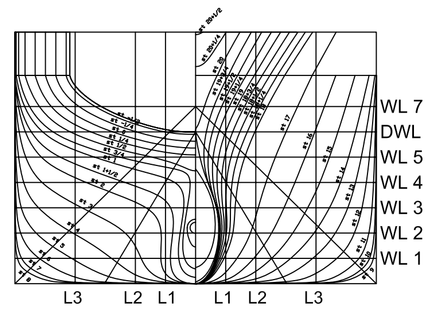

Curva de áreas
Area (% área de la maestra)
110
90
70
50
30
10
-10
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
Posición longitudinal (% de Lpp desde Ppp)

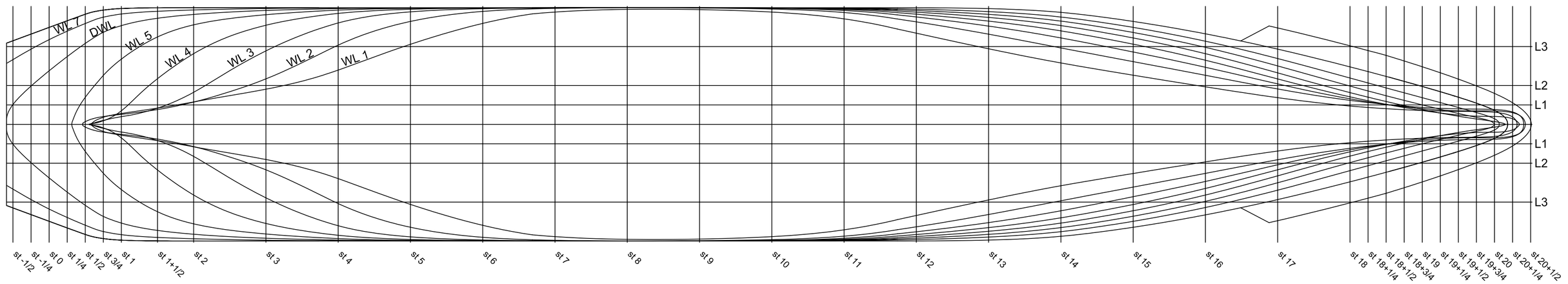
ANEXO III:

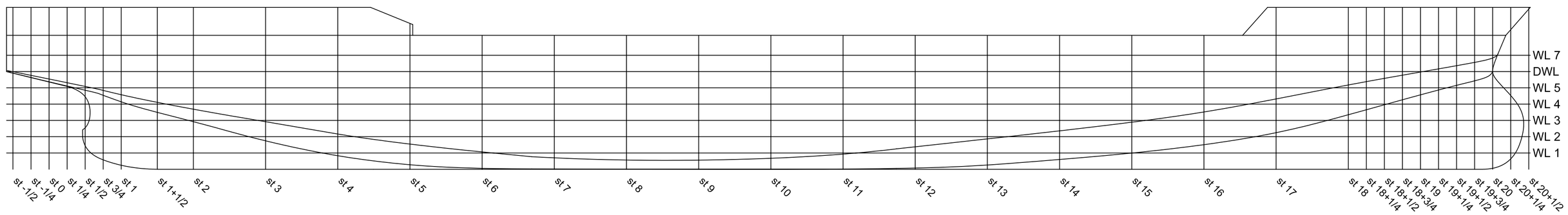
CARTILLA DE TRAZADO

L. de agua Cuaderna	LW1	LW2	LW3	LW4	LW5	DWL	LW7	BORDE SUPERIOR
-1/2	-	-	-	-	-	2,123	6,943	8,956
-1/4	-	-	-	-	-	8,194	8,057	9,674
0	-	-	-	-	-	5,736	9,076	10,389
1/4	-	-	-	-	-	7,256	9,981	11,100
1/2	-	0,231	0,042	-	2,893	8,673	10,804	11,797
3/4	0,764	0,834	0,575	0,382	5,239	9,863	11,484	12,241
1	1,165	1,070	0,825	1,451	6,991	10,578	11,824	12,411
1+1/2	1,742	1,584	1,735	4,890	9,365	11,368	12,119	12,493
2	2,403	2,385	3,435	7,571	10,663	11,777	12,258	12,500
3	3,768	4,873	7,870	10,620	11,749	12,205	12,415	12,500
4	5,816	8,489	10,864	11,888	12,242	12,401	12,474	12,500
5	8,579	11,029	12,057	12,334	12,432	12,475	12,494	12,500
6	10,818	12,103	12,392	12,461	12,486	12,496	12,499	12,500
7	12,033	12,426	12,484	12,497	12,500	12,500	12,500	12,500
8	12,324	12,494	12,500	12,500	12,500	12,500	12,500	12,500
9	12,296	12,464	12,490	12,497	12,500	12,500	12,500	12,500
10	12,034	12,356	12,434	12,466	12,482	12,492	12,497	12,500
11	11,305	11,985	12,204	12,310	12,378	12,427	12,464	12,500
12	9,769	10,982	11,512	11,809	12,022	12,194	12,340	12,497
13	8,101	9,664	10,531	11,066	11,460	11,789	12,080	12,403
14	6,581	8,192	9,264	10,019	10,584	11,066	11,502	12,000
15	5,267	6,724	7,756	8,593	9,260	9,849	10,395	11,032
16	4,022	5,258	6,118	6,871	7,576	8,253	8,912	9,703
17	2,861	3,793	4,336	4,868	5,519	6,262	7,055	8,062
18	1,966	2,573	2,735	2,947	3,404	4,105	4,966	6,163
18+1/4	1,809	2,337	2,413	2,532	2,916	3,580	4,436	5,657
18+1/2	1,677	2,132	2,127	2,149	2,451	3,069	3,908	5,139
18+3/4	1,569	1,958	1,882	1,799	2,011	2,570	3,382	4,610
19	1,486	1,818	1,681	1,486	1,599	2,086	2,857	4,065
19+1/4	1,428	1,715	1,533	1,215	1,216	1,618	2,332	3,501
19+1/2	1,394	1,654	1,452	1,001	0,872	1,170	1,805	2,910
19+3/4	1,377	1,633	1,443	0,874	0,577	0,745	1,267	2,271
20	1,295	1,593	1,439	0,845	0,302	0,004	0,605	1,496
20+1/4	0,789	1,327	1,243	0,597	-	-	-	0,000









CARACTERISTICAS

ESLORA ENTRE PERPENDICULARES (Lpp)	154,96 m
ESLORA TOTAL (Lt)	163,57 m
ESLORA EN LA FLOTACION (Lwt) (1)	159,53 m
MANGA DE TRAZADO (B)	25,0 m
PUNTAL DE TRAZADO (D)	14,4 m
CALADO DE PROYECTO (T)	10,5 m
DESPLAZAMIENTO (D) (1)	26.867,1 m³
COEFICIENTE DE BLOQUE (C_b) (1)	0,626
COEFICIENTE DE LA MAESTRA (C_m) (1)	0,985
COEFICIENTE DE FLOTACION (C_f) (1)	0,799
COEFICIENTE PRISMÁTICO (C_p) (1)	0,636

(1) DATOS RELATIVOS AL CALADO DE PROYECTO

E.T.S.I.N. PROYECTO FIN DE CARRERA 1674	POLIVALENTE DE 20.000 T.P.M.
ALUMNOS: JESUS ENRIQUE TERCIADO TERCIADO ANTONIO VILLALBA HERREROS	
PLANO DE FORMAS	ESCALA = 1/300

BUQUE POLIVALENTE 20000 TPM

CUADERNO Nº 3
DISPOSICIÓN GENERAL

Proyecto nº 1674
Tutor: D. Francisco Alonso Thous

Jesús Enrique Terciado Terciado

Antonio Villalba Herreros

INDICE

1-. INTRODUCCIÓN

En este documento se determinan las dimensiones principales de las bodegas, piques, tanques de lastre y otros tanques, etc. que caracterizan la compartimentación interior y se da una descripción general del buque.

Este cálculo se realizará discutiendo las distintas posibilidades que se plantean para luego comprobar si estos resultados cumplen tanto la reglamentación como las exigencias que se tienen por proyecto. Esto será así para el volumen de bodegas, altura del doble fondo, volumen de lastre, eslora mínima de pique de proa, doble casco, etc.

Una vez que quede totalmente determinada la compartimentación interior, estos datos serán introducidos en el programa de construcción naval "Hydromax", con el cual se comprobará si los tanques que se determinan tienen el volumen mínimo necesario de consumo de fuel oil, diesel oil, agua dulce y aceite. También se medirá el espacio de bodegas y lastre, ya que con este programa se calculará de forma precisa los volúmenes que tiene cada uno de los espacios determinados, y así concluir, si todo el proceso realizado lleva a resultados buenos, teniendo entonces un criterio acertado para poder decidir.

Así mismo, quedarán completamente definidos los espacios de los diferentes niveles de la habilitación y otros elementos importantes de la compartimentación interior, tales como accesos y comunicaciones entre los diferentes espacios determinados.

2-. DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES INTERNAS DEL BUQUE.

2.1-. Clara de cuadernas

Para nuestro buque, se ha procurado establecer un criterio de clara de cuadernas lo más homogéneo posible para toda la eslora del buque. Es aconsejable este criterio para homogeneizar el proceso de soldadura de refuerzos a la chapa durante el proceso constructivo del buque. Todo ello, en vistas a reducir el tiempo y coste de producción del buque.

Tenemos un buque que constará de cinco bodegas, siendo la primera de 18,6 m de eslora, las dos siguientes de 27,9 m, la cuarta de 21,7 m y la quinta de 12,4 m. Se procurará que los mamparos transversales coincidan con una bulárcama para hacer más suave la transmisión de esfuerzos en la estructura.

Se procurará que la clara de cuadernas esté en los márgenes habituales para este tipo de barcos (entre 600 mm y 850 mm).

Debido a todo ello, y al tamaño de las bodegas anteriormente mencionado se seleccionó una clara de cuadernas igual a 620 mm, puesto que permite tener un número entero de bulárcamas en una eslora de bodegas y que las escotillas se apoyen sobre una bulárcama. Este valor puede parecer pequeño, pero al ser la estructura del buque longitudinal no hay ningún inconveniente como se verá en el cuaderno 6 de estructura.

En la zona de cámara de máquinas, excepto entre las cuadernas 45 y 54, la separación será de 655 mm, ya que así cuadramos la eslora de cámara de máquinas necesaria con un número entero de bulárcamas y, por tanto, de cuadernas. Aseguramos de esta forma una adecuada resistencia estructural.

Optamos por poner una clara de cuadernas en el pique de popa y en el pique de proa de 600 mm, que es la separación máxima que nos permite la sociedad de clasificación.

Se procurará, pues, que el buque esté reforzado con anillos transversales continuos.

En resumen:

- Clara de cuadernas en zona de bodegas: 620 mm
- Clara de cuadernas en cámara de máquinas: 655 mm
- Clara de cuadernas en los piques de popa y proa: 600 mm

2.2-. Clara de bularcamas

Debido a la estructura del buque base, y en vistas a poder adecuar la estructura a la eslora de escotillas, se ha escogido un espaciado de bulárcamas de cinco claras de cuadernas, lo que mantendremos constante a lo largo de toda la eslora del buque (salvo en los piques).

Se obtiene así un espaciado de bulárcamas de 3.100 mm en la zona central del barco y de 3.275 mm en cámara de máquinas.

2.3-. Espaciado de mamparos

2.3.1-. Mamparos de cámara de máquinas

El pique de popa irá determinado por la longitud de la bocina.

Queda así fijado el valor de la distancia entre la perpendicular de popa y el mamparo de popa de cámara de máquinas en 6 m.; que se corresponde con 10 claras entre cuadernas espaciadas 600 mm, de la número 0 a la 10. Coincidirán bulárcamas en las cuadernas correspondientes a la mecha del timón y al mamparo de proa del pique de popa.

La eslora mínima de cámara de máquinas viene determinada por la longitud del conjunto propulsor, teniendo en cuenta que además hay que dejar espacios adicionales para otros servicios. A falta de una determinación precisa de las dimensiones del motor propulsor y demás equipos, se ha procedido de la misma manera que en la fase de dimensionamiento inicial.

Este criterio se ha complementado con el hecho de procurar que la eslora de cámara de máquinas fuera un número entero de claras de bulárcamas y, por tanto, de cuadernas. Se decide utilizar una eslora de cámara de máquinas de 28,505 m (35 claras de cuaderna de 655 mm y 9 claras de 620 mm).

La altura del doble fondo en esta zona se amplía a 1,8 m, pues, aunque los 1,5 m utilizados en la zona de carga son suficientes según la reglamentación (Pt4 Ch 1.8.3), hay que tener en cuenta que los tanques de aceite del doble fondo bajo el motor principal tienen que estar provistos de un doble casco, y sin la altura expuesta, obtendríamos uno tanques de volumen muy reducido.

El resto de plataformas y distribución de tanques en la cámara de máquinas se explica convenientemente en el Cuaderno 7 (Cámara de Máquinas).

2.3.2-. Mamparos de zona de carga

Tal y como se ha mencionado antes en la fase de dimensionamiento inicial, tenemos un buque de 5 bodegas con diferentes esloras.

Este criterio, junto con el espaciado de cuadernas y bulárcamas que hemos seleccionado anteriormente, permite deducir el número de cuadernas que forman una bodega de carga.

En la siguiente tabla se puede ver el número de cuaderna en el cual se encuentra el mamparo de proa de dicha bodega, así como el número de cuadernas que alberga:

BODEGA	CUADERNA	CLARAS DE CUADERNA
1	85	30
2	130	45
3	175	45
4	210	35

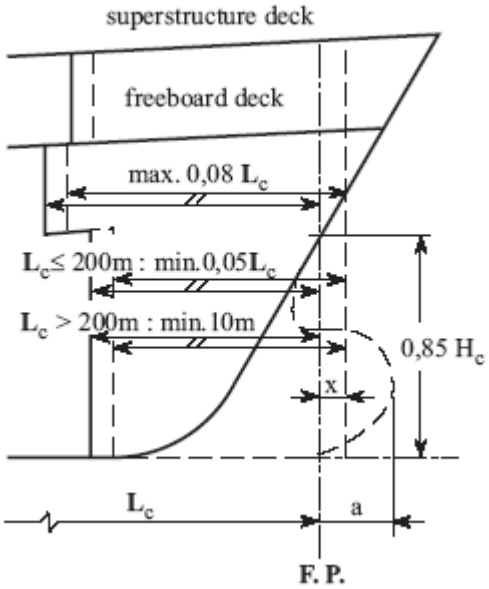
5	230	20

Como vemos, al estar el mamparo de separación en un número de cuaderna múltiplo de cinco éste coincide con una bulárcama.

Los tanques de aceites vegetales se encuentran en la quinta bodega, en la zona comprendida entre el segundo entrepuente y el doble fondo, pues nos queda en la citada zona un espacio no utilizable por la carga pedida, salvo por los aceites vegetales, que, al ser líquidos no demandan ninguna forma del tanque.

A proa de las bodegas de carga, se extiende un volumen, siendo su mamparo de proa el pique de proa, en el que se encuentra el local del empujador de proa.

2.3.3-. Pique de proa



Como vemos en la figura sobre estas líneas, la Sociedad de Clasificación (Parte 1, Capítulo 1, Página 11-1) establece que para este tipo de buques la distancia del pique de proa a la perpendicular de proa ha de estar entre unos límites (10 m y 0,08 · L_{pp}); en nuestro buque proyecto estamos entre 10 m y 12,232 m. Pero esta eslora se mueve hacia proa una distancia, x, de 0,015 · Lpp,

que en nuestro caso es x = 2,294 m, por el hecho de tener bulbo de proa. Con lo cual, la situación del pique de proa debe estar entre 7,707 m y 9,939 m.

Se ha establecido el mamparo del pique de proa a 144,661 m de la perpendicular de popa, es decir, a una distancia de la perpendicular de proa de 8,239 m (valor que se encuentra entre los pedidos por la sociedad de clasificación), coincidiendo con la cuaderna 235. Este espacio alberga el tanque de lastre del pique de proa y la caja de cadenas.

2.4-. Disposición de cubiertas

Los espacios de carga tienen un puntal de 12,90 m. Estos espacios de carga están divididos por dos entrepuentes cuyos puntales son de 3m (dando un puntal de bodega de 6,90 m), siendo la distancia a la línea base de cada cubierta de:

- Cubierta principal: 14,4 m
- 1° Entrepuente: 11,4 m
- 2° Entrepuente: 8,4 m

La altura del doble fondo en la zona de bodegas es de 1,5 m, mientras que en cámara de máquinas se obtiene por alineación de los elementos de la línea de ejes. La línea de ejes se encuentra situada a 3,85 m de la línea base y, por la información suministrada por el fabricante del motor, se sabe que la altura del cigüeñal es de 1.775 mm desde los polines del motor. De esta forma, la altura del doble fondo en la zona del motor principal resulta de la diferencia que existe entre dos estos valores: 3,85 – 1,775 = 2,07 m. Sin embargo, la altura del doble fondo de cámara de maquinas se fijó en 1.800 mm, disponiendo unos calzos de 207 mm en los polines del motor para alinear los elementos de la línea de ejes.

Queda una zona en la parte de proa de cámara de máquinas para el acuerdo de las dos alturas. Dicha zona se extiende en una clara de bulárcamas, para procurar que la pendiente no sea muy elevada.

Los niveles a los que se han dispuesto las diferentes plataformas de cámara de máquinas, de acuerdo con las necesidades de capacidad de tanques y con criterios constructivos adecuados, son los siguientes:

- Doble fondo: 1,80 m
- Piso Cámara de Máquinas: 4,65 – 6,05 m
- Plataforma baja: 8,40 m
- Plataforma alta: 11,40 m

2.5-. Disposición de longitudinales

La distribución de longitudinales viene especificada a partir de distintas necesidades, como por ejemplo: que la brazola se encuentre sobre uno de ellos, que el ancho de la escotilla permita la estiba de tres contenedores, que la relación de aspecto de los paneles no supere unos valores determinados o que todos los longitudinales estén alineados desde el fondo a la cubierta. Todo el estudio de la estructura se lleva a cabo en el cuaderno número 6, por lo que no nos extenderemos más aquí. Como resumen diremos que la separación de longitudinales en cubiertas, fondo y doble fondo es, en general, de 688 mm y la separación de vagras de cuatro claras de longitudinales, es decir, 2750 mm, en el costado la separación máxima es de 765 mm.

2.6-. Zona de bodegas

Como ya hemos comentado, el buque dispone de 5 bodegas, de diferentes esloras. Hasta el momento se han seleccionado varios parámetros (altura de doble fondo, clara de cuadernas, longitudinales,...) que prácticamente definen la disposición de la zona de bodegas, pero se deben seleccionar una serie de dimensiones de cara a la completa definición de la misma.

2.6.1-. Disposición de tanques de lastre en zona de bodegas

El lastre en la zona de carga irá situado en tanques de doble fondo y en tanques laterales. Todos estos tanques quedarán delimitados longitudinalmente por los mamparos de las bodegas, dando al mamparo una continuidad desde el

fondo hasta la cubierta principal. Además, los tanques laterales de lastre estarán divididos en tres alturas, teniendo tanques que van desde el doble fondo hasta el primer entrepuente, desde el primer entrepuente hasta el segundo, y desde el segundo entrepuente hasta la cubierta principal, esto nos dará gran flexibilidad a la hora de distribuir correctamente la carga y lastre en el buque.

Además de estos tanques se construirá la bodega número 3 de forma que sea inundable para los casos de carga del buque en lastre. Esta solución, que ya ha sido adoptada en buques construidos en España, nos permitirá lastrar el buque convenientemente con el buque vacío sin tener que disponer de más tanques de lastre los cuales requieren de un buque mayor.

2.6.2-. Escotillas

El tamaño de las escotillas queda ya completamente definido en este punto del proyecto, al estar delimitadas por sus puntos de apoyo, que coinciden con refuerzos principales de la estructura.

Según la especificación, las bodegas van divididas por un mamparo longitudinal en crujía, lo que nos indica que tenemos diez escotillas iguales dos a dos.

Las dos primeras, correspondientes a las bodegas 1E y 1B serán de dimensiones 8.250 x 15.500 mm, que corresponden con 12 y 25 claras de longitudinales de cubierta y cuadernas respectivamente.

Las bodegas 2 y 3 son iguales, por tanto, también lo serán su escotillas, de dimensiones 8.250 x 21.700 mm, equivalentes a 12 y 35 claras de longitudinales de cubierta y cuadernas respectivamente.

En lo que respecta a las bodegas 4E y 4B, las dimensiones de sus escotillas serán de 6.847 x 15.500 mm, correspondiente con 10 claras de longitudinales y 25 de cuadernas.

Finalmente, la bodega de proa (5E y 5B) tiene unas escotillas de 4.126 x 6.200 mm, lo que equivale a 6 y 10 claras de longitudinales y de cuadernas, respectivamente.

Como podemos comprobar en el plano de Disposición General adjunto a este cuaderno, es posible llegar a cualquier punto de cada escotilla con las grúas que el buque lleva instaladas. Las grúas de popa y proa son de 32 m y el punto más alejado que tienen que alcanzar es de 29,85 m. Con estas dos grúas seríamos capaces de dar cobertura a todas las escotillas, pero, aún así, tenemos la grúa twin de 27 m y 30 m para poder trabajar conjuntamente con ellas y repartir los esfuerzos.

2.7-. Castillo de proa

El castillo de proa se extiende desde la cuaderna 210 hasta proa. Dicha cuaderna se corresponde con el mamparo de popa de la bodega 5, lo que nos permite utilizar el castillo como continuación de la bodega. De esta forma, las escaleras de acceso al castillo de proa han de ser resguardadas con la amurada, que llega cinco claras de cuadernas más a popa.

La altura del castillo es uniforme e igual a 3.500 mm

3-. COMPROBACIÓN DE VOLÚMENES

3.1-. Volúmenes de bodegas

Para comprobar la validez de los datos hasta ahora calculados se recurre al programa de arquitectura naval "HydroMax".

Este programa calcula el volumen de los espacios diseñados teniendo en cuenta su corte con el casco o con superficies internas que se introduzcan con el programa "MaxsurfPro".

Los volúmenes que a continuación se exponen están corregidos por un factor correspondiente al volumen por hierros, y que en este caso se reduce a un 2 % del volumen total.

En la siguiente tabla se muestran los volúmenes correspondientes a las bodegas de carga:

ESPACIO DE CARGA	VOLUMEN (m^3)	
	BABOR	ESTRIBOR
Bodega 1	1.271,2	1.271,2
Bodega 2	2.071,5	2.071,5
Bodega 3	1.685,7	1.685,7
Bodega 4	726,9	726,9
Bodega 5	101,2	101,2
Entrepuente bajo 1	601,5	601,5
Entrepuente bajo 2	902,3	902,3
Entrepuente bajo 3	868,5	868,5
Entrepuente bajo 4	480,9	480,9
Entrepuente bajo 5	127,0	127,0
Entrepuente alto 1	670,6	670,6

Entrepuente alto 2	989,6	989,6
Entrepuente alto 3	981,5	981,5
Entrepuente alto 4	607,3	607,3
Entrepuente alto 5	171,7	171,7
Castillo	181,1	181,1
Capacidad	**12.438,5**	**12.438,5**
Capacidad total	**24.877,0**	

Vemos que este volumen de bodegas cumple con los 24.600 m^3 requeridos por la especificación, excediendo dicho valor en menos del 5 %.

Además, tendremos una capacidad de aceite de 202,4 m^3, siendo la mitad del tanque de estribor y la otra mitad del de babor, cantidad que también nos hace cumplir con la especificación.

3.2-. Volúmenes de lastre

Se obtienen los siguientes resultados:

ESPACIO DE LASTRE	VOLUMEN (m^3)	
	BABOR	ESTRIBOR
Costado superior 1	81,9	81,9
Costado superior 2	123,0	123,0
Costado superior 3	109,7	109,7
Costado superior 4	77,0	77,0
Costado superior 5	41,8	41,8
Costado intermedio 1	80,9	80,9
Costado intermedio 2	122,8	122,8
Costado intermedio 3	105,5	105,5
Costado intermedio 4	73,5	73,5
Costado intermedio 5	34,6	34,6
Costado inferior 1	219,8	219,8
Costado inferior 2	273,6	273,6

Costado inferior 3	346,7	346,7
Costado inferior 4	237,1	237,1
Costado inferior 5	43,7	43,7
Doble fondo 1	224,9	224,9
Doble fondo 2	451,2	451,2
Doble fondo 3	309,0	309,0
Doble fondo 4	104,4	104,4
Doble fondo 5	63,0	63,0
Doble fondo CMM	48,0	48,0
Capacidad	**3.172,1**	**3.172,1**
Doble fondo empujador de proa	31,1	
Pique de proa	254,1	
Pique de popa	143,8	
Capacidad total	**6.773,2**	

Para calcular el volumen de lastre obtenido con la compartimentación especificada anteriormente se opera de la misma manera que con el volumen de las bodegas de carga.

Es necesario comprobar que este volumen de lastre es suficiente de cara a asegurar un completo hundimiento de la hélice; así como que en cualquier condición de carga el trimado es inferior al 1,5 % de la eslora, que es el valor máximo recomendado por el IMO. Además, se tendrá en cuenta que el buque debe tener la hélice sumergida un 10% de su diámetro, es decir, debe de tener un calado mínimo de 7.74 m.

Como se puede comprobar en el cuaderno 9 de situaciones de carga, ambas condiciones se cumplen para todas las situaciones, por lo tanto, el buque proyecto cumple con el volumen mínimo de lastre requerido; de lo que podemos concluir que la compartimentación hasta ahora realizada es buena y va cumpliendo con los requisitos impuestos por la reglamentación y las exigencias del proyecto.

4-. DETERMINACIÓN DE LOS TANQUES PRINCIPALES

Para determinar estos tanques tomaremos como referencia el buque base en cuanto a la posición de los mismos, de forma aproximada. Así mismo, se tendrá en cuenta que si se disponen todos ellos en la cámara de máquinas, se ahorra en servicios de trasiego y calefacción, pero pueden presentarse problemas si no se disponen tanques de lastre en popa, muy útiles para conseguir el trimado del barco.

El tamaño de los tanques será suficiente para albergar los consumos solicitados por el motor principal y los auxiliares. Este tamaño será determinado utilizando el programa de arquitectura naval “Hydromax”, teniendo presente una reducción por margen de hierros del 2 %.

El cálculo de los volúmenes necesarios de consumos se realiza en el cuaderno 7, donde se determinará el volumen necesario de diesel oil y de aceite, una vez obtenida la autonomía. El volumen necesario de agua dulce se calcula en el cuaderno 10.

4.1-. Tanques de Fuel Oil

Remitiéndonos a la especificación del proyecto, tenemos que albergar en nuestro barco 2.800 m^3 de fuel oil. También por especificaciones del proyecto (además de obligación por la normativa vigente), el fuel oil no puede estar en contacto con el casco, con tanques de aceite ni de agua dulce ni con acomodación, por lo que situamos la mayor parte posible a proa del motor principal, entre el doble fondo y la cubierta principal. Donde no sea posible cumplir con esto colocaremos un cofferdam para que no haya un contacto directo entre los tanques citados y los demás espacios.

Además, en otro punto de la especificación, se puede leer que el barco tiene bandera española, lo que le ofrece la posibilidad de navegar en cualquier zona y atracar en cualquier puerto. Esta característica nos obliga a segregar el combustible en varios tanques, pues según la zona de navegación, la cantidad de

azufre contenida en el combustible es diferente. Esto no es problema para nosotros, pues tenemos un volumen elevado de combustible y no tenemos más remedio que ponerlo en varios tanques.

A los tanques almacén hay que añadirles los de servicio diario, los de sedimentación y los de rebose.

Los dos primeros, que estarán duplicados irán situados dentro de la cámara de máquinas y en una posición alta (segunda plataforma) para asegurar el cebado de las bombas de baja presión del motor principal.

Los tanques estarán sobre el local de purificadoras, ya que así se reduce la longitud de la tubería del servicio de purificación del combustible.

4.2-. Tanques de Diesel Oil

Estos tanques se dispondrán forma simétrica en la plataforma alta de cámara de máquinas, estando a la mismo altura que los de fuel oil por la misma razón que estos.

4.3-. Tanques de agua dulce

Se procurará que los tanques de agua dulce estén situados cerca de los alojamientos para reducir distancia de tuberías; por tanto, dichos tanques estarán situados sobre el pique de popa, delimitados en puntal por la cubierta más alta de la cámara de máquinas y la cubierta principal.

4.4-. Tanques de aceite

Los tanques de almacén de aceite estarán situados también en la segunda plataforma de cámara de máquinas, para disponer del uso del aceite por gravedad.

En el doble fondo de la cámara de máquinas, bajo el motor principal, y siguiendo las indicaciones del fabricante, se dispondrán los tanques de aceite sucio y el de retorno. El tanque de derrame de aceite del motor principal está situado también en el doble fondo, junto a los tanques anteriores.

El tanque de retorno no puede estar en contacto directo con el casco, por lo que se situará bajo éste el tanque de aceite sucio, actuando como cofferdam del primero.

Al igual que en los tanques de fuel oil y diesel oil, hay que descontar un 2 % del volumen de tanques por hierros.

5-. OTROS ASPECTOS DE LA COMPARTIMENTACION

5.1-. Cámara de máquinas

La disposición de cámara de máquinas se tratará posteriormente (cuaderno 7), pero en este cuaderno es necesario conocer las características principales de la misma, como comprobar la disposición de los tanques y elementos más importantes.

Hasta el momento se ha procedido a comprobar que la compartimentación propuesta para la cámara de máquinas era adecuada a los consumos y lastres requeridos, siempre teniendo presente que se ha realizado en el cuaderno de las situaciones de carga (cuaderno 9) la comprobación de estabilidad y resistencia longitudinal.

Sin embargo, la disposición de varios elementos es muy importante para comprobar la validez de la compartimentación propuesta:

- Se ha procedido a la comprobación de que el espacio disponible es suficiente para albergar el motor principal, teniendo presente la selección del mismo realizada en el cuaderno 7.
- El mecanismo del servo dispone de espacio suficiente para extenderse 4,98 m a cada costado de crujía, aproximadamente. Se comprueba que es suficiente ya que en el buque base son necesarios menos de 3 m a cada banda, incluyendo tanques de aceite y bombas necesarios para su funcionamiento.
- Los accesos interiores entre las diferentes plataformas de cámara de máquinas se harán por dos escaleras, una a cada banda.

Se comprueba que la disposición propuesta cumple con la Regla 45 del SOLAS, que obliga a disponer dos medios de evacuación en Cámara de Máquinas distintos, tan separados como sea posible, uno de ellos con protección ignífuga.

El primero de ellos, que tendrá protección continua contra el fuego, lo constituye la escalera de acceso a Cámara de Máquinas desde la Habilitación. El segundo será la salida de emergencia de Cámara de Máquinas, que es una escala de acero desde la segunda plataforma hasta la cubierta superior. Esta última salida tiene accesos desde todas las plataformas y desde la parte inferior de la misma hasta un lugar seguro fuera del espacio de Cámara de Máquinas, a popa de la superestructura.

Se han tenido en cuenta las posibles operaciones de movimiento de piezas en cámara de máquinas y se dispondrá un puente grúa dimensionado atendiendo a las recomendaciones del fabricante del Motor Principal.

Así mismo, para las escasas, pero posibles, operaciones de volteo de piezas en la Cámara de Máquinas, se procederá utilizando como segunda grúa el polipasto exterior, dimensionado de la misma manera que el puente grúa; y localizando el acceso exterior de cámara de máquinas, de tal manera que se pueda utilizar el polipasto para tal misión. Con ello se evita la instalación de una grúa secundaria de apoyo en dichas operaciones.

El polipasto exterior se empleará, principalmente, para la entrada y salida de elementos y repuestos a la cámara de máquinas.

5.2-. Habilitación

Aspectos importantes de la habilitación propuesta son:

- Se comprueba también aquí el cumplimiento de la Regla 45 del SOLAS, en lo referente a medios de evacuación de los diferentes niveles de alojamientos, puesto que cada uno tiene dos medios de evacuación muy distantes entre sí.
- La habilitación se ha distribuido alrededor de un tronco central de escaleras con ascensor anexo y tronco de tuberías y a proa y popa de un pasillo que va de babor a estribor. Todos los camarotes y zonas de servicio se han alineado de forma que los recorridos de las tuberías sean lo más cortos posibles.

- Todas las camas están orientadas en el sentido longitudinal del buque con la cabeza a proa con el fin de minimizar los efectos de los movimientos del buque (mareos).
- Los locales y espacios de la habilitación están distribuidos de la siguiente manera:
  - En la cubierta “A” o cubierta principal se encuentran los camarotes de la tripulación, vestuario y pañoles. El número de camarotes es de trece y son individuales, esto no es lo habitual, pero debido a la disponibilidad de espacio se ha optado por elegir esta configuración de forma que la tripulación disfrute de un correcto descanso e intimidad. El vestuario para el cambio de ropa de trabajo impedirá el ensuciamiento de los camarotes y demás zonas por ésta. Los pañoles no tienen un uso específico pudiendo utilizarse para el almacenamiento de repuestos, productos de limpieza, etc., salvo el que se encuentra bajo el grupo de emergencia que contiene las comunicaciones necesarias entre éste y la cámara de máquinas.
  - En la cubierta “B” o cubierta toldilla se encuentran: la cocina, despensa, gambuzas refrigeradas y pañol de basuras; la lavandería; el grupo de emergencia; oficina; oficina de control de carga; pañol contraincendios; hospital y enfermería; y comedor y sala de estar de tripulación. La oficina de carga se sitúa lo más próxima posible a la entrada a la habilitación, a proa en estribor, para evitar que personas ajenas a la tripulación del barco circulen por el buque durante su estancia en puerto. Esto constituye un factor importante, sobre todo, en puertos de países subdesarrollados. A popa de la oficina de

carga hay una oficina para uso general del buque con mesa para reuniones. En la esquina de popa en estribor tenemos el local del grupo de emergencia con acceso desde el interior y el exterior, este local se comunica con la sala de máquinas a través del local inferior que está vacío. La lavandería del buque está situada junto al tronco de escaleras en la zona central a popa. La cocina, gambuzas y despensa están a popa en el costado de babor; en la parte exterior a popa de la cocina está el pañol de basuras. A proa de la cocina está el comedor de tripulación de forma que el recorrido de la comida es mínimo. A estribor se encuentra la sala de estar de la tripulación y a continuación el hospital y la enfermería con capacidad para dos camas con baño y pañol médico. El resto de espacios libres se ha dedicado para el uso como pañoles de limpieza y de contraincendios.

- En la cubierta "C" tenemos: oficio, comedor de oficiales, sala de estar de oficiales, seis camarotes individuales, local de aire acondicionado y local de CO_2. El oficio se encuentra directamente sobre la cocina y se comunica con ésta a través de un montacargas para el traslado de la comida. A proa del oficio está el comedor de oficiales y anexa la sala de estar. En el costado de estribor tenemos seis camarotes individuales para contramaestre y marineros de primera. El local de aire acondicionado se encuentra a popa del tronco de escaleras, sobre las gambuzas, y lo más alejado posible de los camarotes de forma que el funcionamiento de los compresores no interfiera en el descanso de la tripulación. El local de CO_2 se encuentra entre las escaleras y el oficio con acceso exterior con cerradura y de forma que esté en el camino

de evacuación y cerca de los oficiales encargados de su manejo. El resto de espacios son pañoles de uso general y troncos de tuberías.

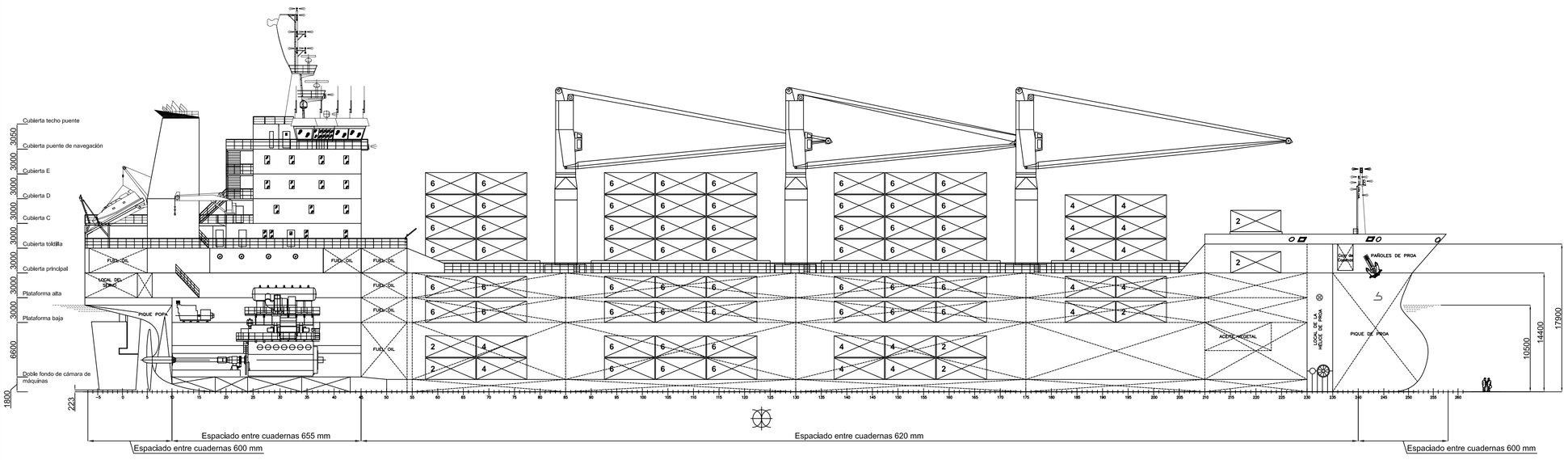
- En la cubierta “D” tenemos los camarotes de los oficiales 2ºs y 3ºs y el camarote para uso del armador, alumno en prácticas de la ETSIN, etc. con oficina anexa.
- En la Cubierta "E" los oficiales de más alto rango (Primero de Máquinas y Primero de Cubierta) disponen de sus respectivos camarotes. Así mismo, el Jefe de Máquinas y el Capitán del Buque disponen de los suyos a babor y estribor respectivamente, de forma que desde las ventanas del camarote del capitán se pueda advertir cualquier anomalía en el tráfico próximo al buque. También contamos con dos oficinas, una para el Capitán y otra para el Jefe de Máquinas. Por último, tenemos un almacén para guardar los documentos más sensibles del buque como permisos, manuales, planos, cartas náuticas, etc., y que cuenta con caja fuerte para guardar el dinero en metálico y objetos de valor.
- Finalmente, el Puente de Navegación se encuentra situado en la cubierta más alta, para cumplir con la Regla 22 del Capítulo V del SOLAS referente a la visibilidad desde el puente de Navegación, que índica que, para todas las situaciones de carga, la distancia a proa sin visibilidad desde el puente debe ser inferior al menor de los dos valores siguientes: dos esloras (357.6 m) o 500 m, lo que sea menor. Para el buque proyecto, dicha distancia debe ser inferior a 357.6 m. Así mismo, la disposición interior de los elementos que están en el puente de navegación se realizará permitiendo la máxima visibilidad posible

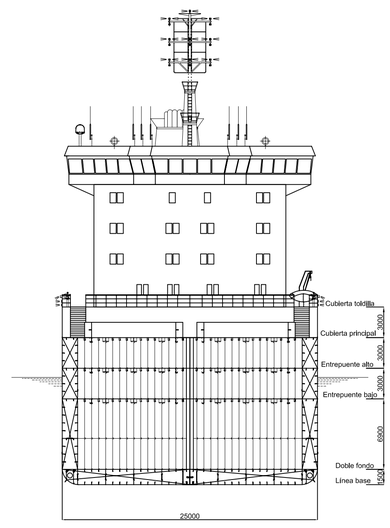
desde el mismo y en todas las direcciones. Este puente dispondrá de dos alerones a los costados con las correspondientes consolas de maniobra para las operaciones de atraque. La mesa de derrota cuenta con una cortinilla de forma que por la noche el puente de navegación permanezca a oscuras. A popa en estribor tenemos el local de baterías y a babor un pequeño aseo.

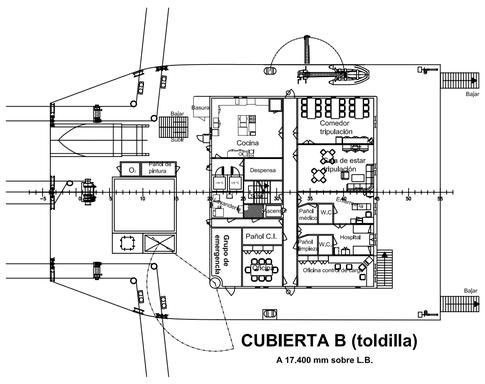
- Flujo de alimentos. Los alimentos entran al buque a través de un polipasto exterior situado a popa de la habilitación que los deposita en la cubierta toldilla. Las gambuzas seca y refrigerada están en dicha cubierta junto a la cocina. La cocina se encuentra en la misma cubierta que el comedor de tripulación y por medio de un montacargas se comunica con el oficio situado en la cubierta inmediatamente superior (cubierta B) que es donde está situado el comedor de oficiales.

6-. BIBLIOGRAFÍA

- Detailed Design of Ship Propellers. Gonzalo Pérez, Juan Gómez Adalid
- Máquinas Eléctricas. Jesús Fraile Mora
- Apuntes de Máquinas Auxiliares. Jesús Panadero
- Teoría del Motor Diesel Vol. I. Álvaro Zurita
- Proyecto Básico del Buque Mercante. R. Alvariño, J.J. Azpíroz, M. Meizoso.
- Apuntes de Motores Marinos. Álvaro Zurita
- Apuntes de Construcción Naval I Vol. 1, 2, 3 y 4. E.T.S.I.N.
- Apuntes de Teoría del Buque Casco y Máquinas. E.T.S.I.N.
- Apuntes de Construcción Naval II. E.T.S.I.N.
- Apuntes de Equipos y Servicios. E.T.S.I.N.
- Apuntes de la Cátedra de Proyectos de la E.T.S.I.N.

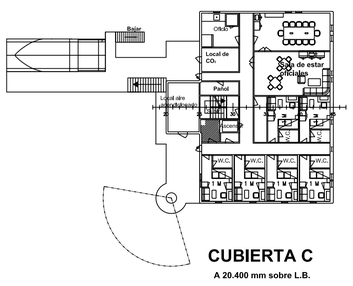






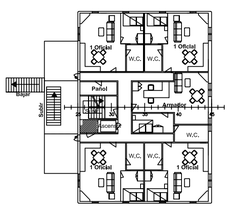
CUBIERTA B (toldilla)

A 17.400 mm sobre L.B.



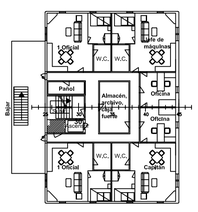
CUBIERTA C

A 20.400 mm sobre L.B.



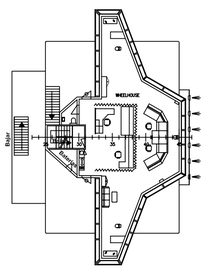
CUBIERTA D

A 23.400 mm sobre L.B.



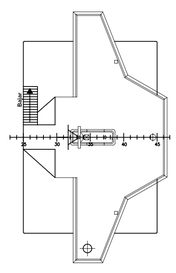
CUBIERTA E

A 26.400 mm sobre L.B.



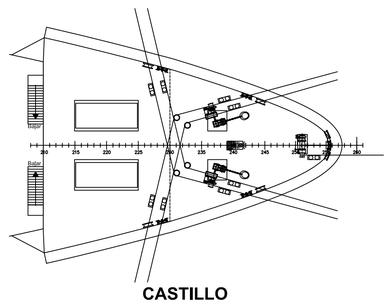
PUENTE

A 29.400 mm sobre L.B.



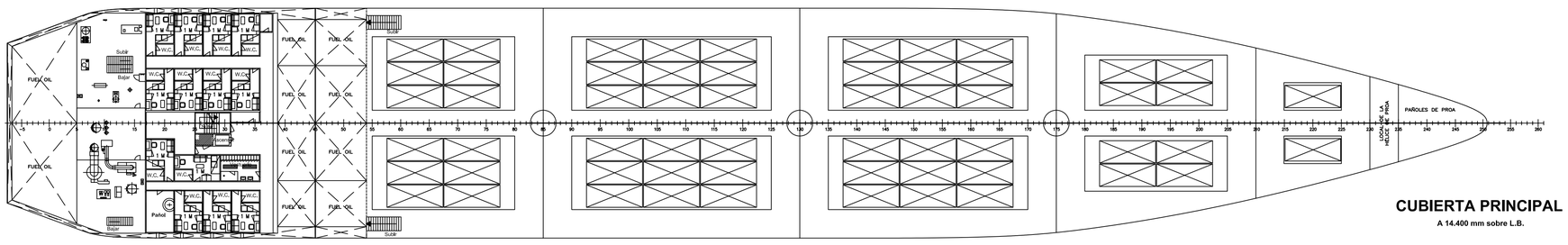
TECHO PUENTE

A 32.400 mm sobre L.B.



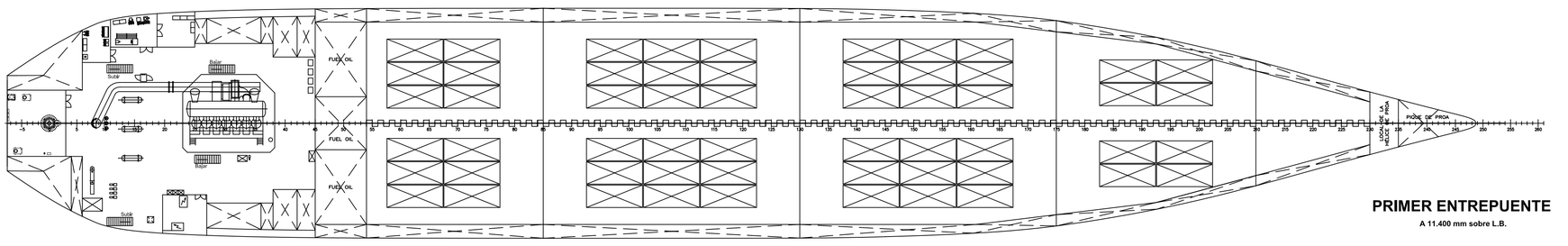
CASTILLO

19.000 mm SOBRE L. B.



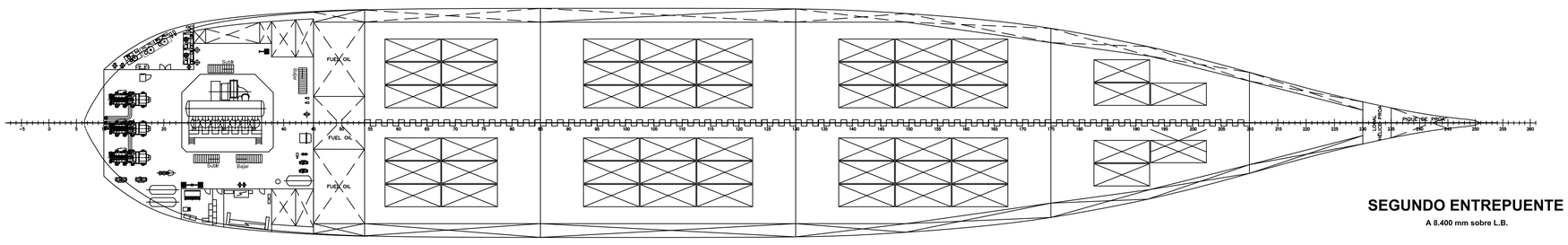
CUBIERTA PRINCIPAL

A 14.400 mm sobre L.B.



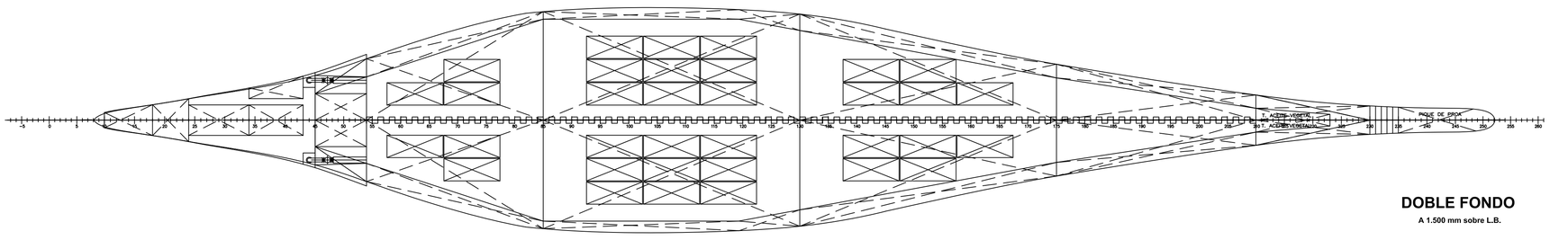
PRIMER ENTREPUENTE

A 11.400 mm sobre L.B.



SEGUNDO ENTREPUENTE

A 8.400 mm sobre L.B.



DOBLE FONDO

A 1.500 mm sobre L.B.

CARACTERISTICAS

ESLORA ENTRE PERPENDICULARES (Lpp)	154,96 m
ESLORA TOTAL (Lt)	163,57 m
ESLORA EN LA FLOTACIÓN (Lwt)	159,53 m
MANGA DE TRAZADO (B)	25,0 m
PUNTAL DE TRAZADO (D)	14,4 m
CALADO DE PROYECTO (T)	10,5 m
DESPLAZAMIENTO (Δ)	26.867,1 m^3
PESO MUERTO (TPM)	20.000 T
VOLUMEN DE BODEGAS	24600 m^3
CAPACIDAD TANQUE DE ACEITES VEGETALES	200 m^3

E.T.S.I.N.	**BUQUE POLIVALENTE DE 20.000 T.P.M.**
PROYECTO Nº 1674	
JESUS ENRIQUE TERCIADO TERCIADO ANTONIO VILLALBA HERREROS	
DISPOSICIÓN GENERAL	ESCALA 1 / 300

BUQUE POLIVALENTE 20000 TPM

CUADERNO Nº 4
CÁLCULOS DE ARQUITECTURA NAVAL

Proyecto nº 1674
Tutor: D. Francisco Alonso Thous

Jesús Enrique Terciado Terciado

Antonio Villalba Herreros

INDICE

1-. INTRODUCCIÓN

En el presente cuaderno se procederá al cálculo del francobordo y del arqueo del buque.

Para el cálculo del francobordo se utilizará el Convenio Internacional sobre Líneas de Carga, vigente desde 1966, con las correspondientes enmiendas aprobadas en 1988 y 2003. Este convenio es aplicable al buque en proyecto puesto que no cumple ninguna de las excepciones de dicho reglamento.

Para el cálculo del arqueo del buque se utilizará el Convenio Internacional sobre Arqueo de Buques del 23 de Junio de 1969.

En este cuaderno se presentan además los cálculos de arquitectura naval siguientes:

1. Cálculo de características hidrostáticas (carenas rectas).
2. Cálculo de brazos de adrizamiento (carenas inclinadas).
3. Cálculo de las capacidades y centros de gravedad.

Los cálculos de las hidrostáticas, brazos de adrizamiento y capacidades han sido realizados mediante el programa “Hydromax”, siendo el calado de proyecto del buque 10,5 m.

2-. TABLA DE CARACTERÍSTICAS HIDROSTÁTICAS

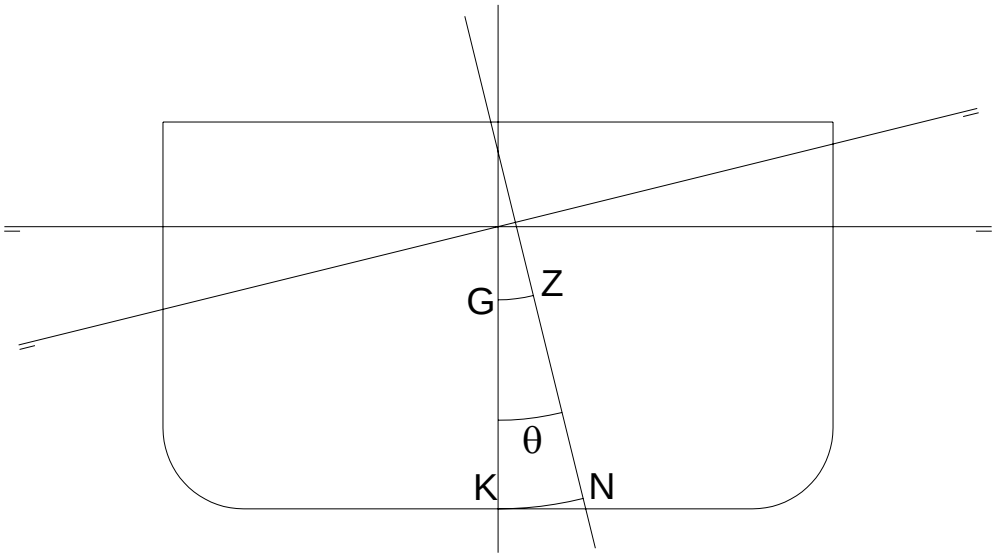
Las características hidrostáticas del buque se presentan aquí para varias situaciones de asiento del buque proyecto (trimados de -1 m, 0 m, 1 m, 2 m, y 3 m).

Así mismo, se incluye una representación gráfica de los valores de dicha tabla, en forma de curvas hidrostáticas.

Todas estas tablas y gráficos se pueden consultar en los Anexos. Los valores de las curvas hidrostáticas abarcan desde un calado de 1 m hasta 11 m. La razón por la que se incluye un calado de 11 m es que el calado tropical es de 10,719 metros.

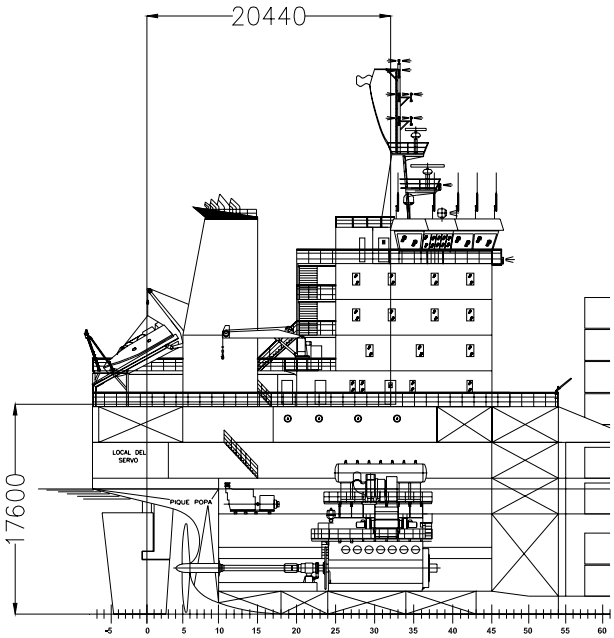
3-. TABLA Y GRÁFICAS DE BRAZOS DE ADRIZAMIENTO

Se presentan, para una intervalo de escoras entre 0 a 80º y para diferentes desplazamientos, los valores correspondientes a las distancias KN, así como la representación gráfica de las curvas.



Las curvas KN carecen de sentido en el momento en el que la escora es tal que la flotación alcanza el punto de inundación progresiva. Es por ello que el límite de representación de las curvas KN debe ser hasta la gráfica que representa, para cada desplazamiento, la escora necesaria para que se produzca la inundación.

El punto de inundación progresiva que se ha tenido en cuenta es el punto de la segunda cubierta de la habilitación (cubierta “B”).



3.1-. Tablas de capacidades y centros de gravedad de espacios.

A continuación se detallan las características (capacidad y posición del centro de gravedad) de todos los compartimentos definidos en el buque proyecto: bodegas de carga, tanques de lastre, y tanques de consumos (fuel oil, diesel oil, aceite y agua dulce); además del tanque de lodos y el de aguas aceitosas.

Se ha tenido en cuenta una reducción del volumen del 2 % debida al margen por hierros, que representa el volumen ocupado por los refuerzos interiores de la estructura del espacio.

En el plano de capacidades anexo es posible conocer la distribución de dichos compartimentos.

3.1.1-. Espacios de Carga

Nº	Bodega o entrepuente	PERM	Volumen (m^3)	XG (m)	YG (m)	ZG (m)
001	Bodega nº 1 de babor	0,98	1271,2	44,8	5,1	5,1
002	Bodega nº 1 de estribor	0,98	1271,2	44,8	-5,1	5,1

Nº	Bodega o entrepuente	PERM	Volumen (m^3)	XG (m)	YG (m)	ZG (m)
003	Bodega nº 2 de babor	0,98	2071,5	67,7	5,5	5
004	Bodega nº 2 de estribor	0,98	2071,5	67,7	-5,5	5
005	Bodega nº 3 de babor	0,98	1685,7	94,5	4,6	5,2
006	Bodega nº 3 de estribor	0,98	1685,7	94,5	-4,6	5,2
007	Bodega nº 4 de babor	0,98	726,9	119,0	2,7	5,4
008	Bodega nº 4 de estribor	0,98	726,9	119,0	-2,7	5,4
009	Bodega nº 5 de babor	0,98	101,2	134,9	1,4	6,2
010	Bodega nº 5 de estribor	0,98	101,2	134,9	-1,4	6,2
011	Entrepuente 2º bodega nº 1 de babor	0,98	601,5	44,4	5,5	9,9
012	Entrepuente 2º bodega nº 1 de estribor	0,98	601,5	44,4	-5,5	9,9
013	Entrepuente 2º bodega nº 2 de babor	0,98	902,3	67,7	5,5	9,9
014	Entrepuente 2º bodega nº 2 de estribor	0,98	902,3	67,7	-5,5	9,9
015	Entrepuente 2º bodega nº 3 de babor	0,98	868,5	95,2	5,3	9,9
016	Entrepuente 2º bodega nº 3 de estribor	0,98	868,5	95,2	-5,3	9,9
017	Entrepuente 2º bodega nº 4 de babor	0,98	480,9	119,4	3,9	9,9
018	Entrepuente 2º bodega nº 4 de estribor	0,98	480,9	119,4	-3,9	9,9
019	Entrepuente 2º bodega nº 5 de babor	0,98	127	136,5	1,9	10
020	Entrepuente 2º bodega nº 5 de estribor	0,98	127	136,5	-1,9	10
021	Entrepuente 1º bodega nº 1 de babor	0,98	670,6	44,2	5,5	13,1
022	Entrepuente 1º bodega nº 1 de estribor	0,98	670,6	44,2	-5,5	13,1
023	Entrepuente 1º bodega nº 2 de babor	0,98	989,6	67,7	5,5	13,4
024	Entrepuente 1º bodega nº 2 de estribor	0,98	989,6	67,7	-5,5	13,4
025	Entrepuente 1º bodega nº 3 de babor	0,98	981,5	95,5	5,5	13,4
026	Entrepuente 1º bodega nº 3 de estribor	0,98	981,5	95,5	-5,5	13,4
027	Entrepuente 1º bodega nº 4 de babor	0,98	607,3	119,7	4,3	13,4
028	Entrepuente 1º bodega nº 4 de estribor	0,98	607,3	119,7	-4,3	13,4
029	Entrepuente 1º bodega nº 5 de babor	0,98	171,7	136,8	2,5	13

Nº	Bodega o entrepuente	PERM	Volumen (m^3)	XG (m)	YG (m)	ZG (m)
030	Entrepuente 1º bodega nº 5 de estribor	0,98	171,7	136,8	-2,5	13
031	Bodega castillo sobre bodega nº 5 de babor	0,98	181,1	148,1	1	16,02
032	Bodega castillo sobre bodega nº 5 de estribor	0,98	181,1	148,1	-1	16,02

(*) Incluye volumen de brazola.

TOTAL VOLUMEN BODEGAS DE CARGA SECA: 24.674,6 m^3

TOTAL VOLUMEN BODEGAS DE CARGA LIQUIDA: 202,4 m^3

TOTAL VOLUMEN BODEGAS DE CARGA: 24.877 m^3

3.1.2-. Tanques de Lastre

Nº	Tanque	PERM	Volumen (m^3)	XG (m)	YG (m)	ZG (m)
033	Pique de popa	0,98	143,8	3,3	0,0	9,3
034	Doble fondo CMM babor	0,98	48,0	31,6	2,3	0,9
035	Doble fondo CMM estribor	0,98	48,0	31,6	-2,3	0,9
036	Doble fondo bodega nº 1 babor	0,98	224,9	45,5	4,3	0,8
037	Doble fondo bodega nº 1 estribor	0,98	224,9	45,5	-4,3	0,8
038	Doble fondo bodega nº 2 babor	0,98	451,2	67,7	5,6	0,8
039	Doble fondo bodega nº 2 estribor	0,98	451,2	67,7	-5,6	0,8
040	Doble fondo bodega nº 3 babor	0,98	309,0	93,7	4,1	0,8
041	Doble fondo bodega nº 3 estribor	0,98	309,0	93,7	-4,1	0,8
042	Doble fondo bodega nº 4 babor	0,98	104,4	118,9	1,9	0,9
043	Doble fondo bodega nº 4 estribor	0,98	104,4	118,9	-1,9	0,9
044	Doble fondo bodega nº 5 babor	0,98	63,0	135	1,3	2,1
045	Doble fondo bodega nº 5 estribor	0,98	63,0	135	-1,3	2,1
046	Doble fondo empujador de proa	0,98	31,1	144	0,0	0,9

Nº	Tanque	PERM	Volumen (m^3)	XG (m)	YG (m)	ZG (m)
047	Tanque lateral bodega nº 1 babor	0,98	219,8	43,4	10,7	4,7
048	Tanque lateral bodega nº 1 estribor	0,98	219,8	43,4	-10,7	4,7
049	Tanque lateral bodega nº 2 babor	0,98	273,6	67,6	11,7	5,0
050	Tanque lateral bodega nº 2 estribor	0,98	273,6	67,6	-11,7	5,0
051	Tanque lateral bodega nº 3 babor	0,98	346,7	96,3	9,7	4,7
052	Tanque lateral bodega nº 3 estribor	0,98	346,7	96,3	-9,7	4,7
053	Tanque lateral bodega nº 4 babor	0,98	237,1	119,7	5,8	4,8
054	Tanque lateral bodega nº 4 estribor	0,98	237,1	119,7	-5,8	4,8
055	Tanque lateral bodega nº 5 babor	0,98	43,7	135,1	3,1	5,7
056	Tanque lateral bodega nº 5 estribor	0,98	43,7	135,1	-3,1	5,7
057	Tanque lateral entrepuente 2º bodega nº 1 babor	0,98	80,9	44,5	11,7	9,9
058	Tanque lateral entrepuente 2º bodega nº 1 estribor	0,98	80,9	44,5	-11,7	9,9
059	Tanque lateral entrepuente 2º bodega nº 2 babor	0,98	122,8	67,6	11,7	9,9
060	Tanque lateral entrepuente 2º bodega nº 2 estribor	0,98	122,8	67,6	-11,7	9,9
061	Tanque lateral entrepuente 2º bodega nº 3 babor	0,98	106,5	95,7	11,2	9,9
062	Tanque lateral entrepuente 2º bodega nº 3 estribor	0,98	106,5	95,7	-11,2	9,9
063	Tanque lateral entrepuente 2º bodega nº 4 babor	0,98	73,5	119,5	8,3	9,9
064	Tanque lateral entrepuente 2º bodega nº 4 estribor	0,98	73,5	119,5	-8,3	9,9
065	Tanque lateral entrepuente 2º bodega nº 5 babor	0,98	34,6	137,3	4,0	10,0
066	Tanque lateral entrepuente 2º bodega nº 5 estribor	0,98	34,6	137,3	4,0	10,0
067	Tanque lateral entrepuente 1º bodega nº 1 babor	0,98	81,9	44,4	11,7	12,9
068	Tanque lateral entrepuente 1º bodega nº 1 estribor	0,98	81,9	44,4	-11,7	12,9
069	Tanque lateral entrepuente 1º bodega nº 2 babor	0,98	123,0	67,7	11,8	12,9
070	Tanque lateral entrepuente 1º bodega nº 2 estribor	0,98	123,0	67,7	-11,8	12,9
071	Tanque lateral entrepuente 1º bodega nº 3 babor	0,98	109,7	95	11,6	12,9
072	Tanque lateral entrepuente 1º bodega nº 3 estribor	0,98	109,7	95	-11,6	12,9
073	Tanque lateral entrepuente 1º bodega nº 4 babor	0,98	77,0	120,1	9,2	12,9

Nº	Tanque	PERM	Volumen (m^3)	XG (m)	YG (m)	ZG (m)
074	Tanque lateral entrepuente 1º bodega nº 4 estribor	0,98	77,0	120,1	-9,2	12,9
075	Tanque lateral entrepuente 1º bodega nº 5 babor	0,98	41,8	137,2	5,4	12,9
076	Tanque lateral entrepuente 1º bodega nº 5 estribor	0,98	41,8	137,2	5,4	12,9
077	Pique de proa	0,98	254,1	152,6	0	7,1

TOTAL VOLUMEN TANQUES DE LASTRE: 6.847,2 m^3

3.1.3-. Tanques de Fuel Oil

Nº	Tanque	PERM	Volumen (m^3)	XG (m)	YG (m)	ZG (m)
078	Tanque almacén FO bajo E	0,98	171,4	31,8	5,8	5,9
079	Tanque almacén FO bajo C	0,98	221,8	31,7	0,0	5,0
080	Tanque almacén FO bajo B	0,98	171,4	31,8	-5,8	5,9
081	Tanque almacén FO medio E	0,98	131,1	31,7	7,0	9,9
082	Tanque almacén FO medio C	0,98	96,4	31,7	0,0	9,9
083	Tanque almacén FO medio B	0,98	131,1	31,7	-7,0	9,9
084	Tanque almacén FO alto E	0,98	128,6	31,7	7,0	12,9
085	Tanque almacén FO alto C	0,98	96,4	31,7	0,0	12,9
086	Tanque almacén FO alto B	0,98	128,6	31,7	-7	12,9
087	Tanque almacén FO espejo E	0,98	220,0	-0,6	5,1	15,9
088	Tanque almacén FO espejo B	0,98	220,0	-0,6	-5,1	15,9
089	Tanque almacén FO sp Pp E	0,98	82,5	26,6	9,4	15,9
090	Tanque almacén FO sp Pp CE	0,98	82,5	26,6	3,1	15,9
091	Tanque almacén FO sp Pp CB	0,98	82,5	26,6	-3,1	15,9
092	Tanque almacén FO sp Pp B	0,98	82,5	26,6	-9,4	15,9
093	Tanque almacén FO sp Pr E	0,98	100,5	31,7	9,4	15,9
094	Tanque almacén FO sp Pr CE	0,98	100,5	31,7	3,1	15,9
095	Tanque almacén FO sp Pr CB	0,98	100,5	31,7	-3,1	15,9

Nº	Tanque	PERM	Volumen (m^3)	XG (m)	YG (m)	ZG (m)
096	Tanque almacén FO sp Pr B	0,98	100,5	31,7	-9,4	15,9
097	Tanque servicio diario F,O E	0,98	65,2	20,1	11,2	11,8
098	Tanque servicio diario F,O B	0,98	65,2	20,1	-11,2	11,8
099	Tanque sedimentación F,O, E	0,98	54,4	27,9	9,6	11,4
100	Tanque sedimentación F,O, B	0,98	54,4	27,9	-9,6	11,4
101	Tanque de reboses	0,98	8,1	26,4	-2,8	1,1

TOTAL VOLUMEN FUEL OIL: 2.660,6 m^3

3.1.4-. Tanques de Diesel Oil

Nº	Tanque	PERM	Volumen (m^3)	XG (m)	YG (m)	ZG (m)
102	Tanque almacén D,O, E	0,98	53,6	24,7	9,8	11,7
103	Tanque almacén D,O, B	0,98	53,6	24,7	-9,8	11,7
104	Tanque servicio diario D,O	0,98	35,0	16,5	-9,6	11,8

TOTAL VOLUMEN DIESEL OIL: 142,2 m^3

TOTAL VOLUMEN COMBUSTIBLES: 2.802,8 m^3

3.1.5-. Tanques de Aceite

Nº	Tanque	PERM	Volumen (m^3)	XG (m)	YG (m)	ZG (m)
105	Tanque almacén aceite M, P,	0,98	16,8	23,4	-9,9	11,7
106	Tanque almacén aceite MM, AA,	0,98	8,1	23,4	10,0	13,0
107	Tanque de retorno	0,98	36,0	18,5	0,0	0,9
108	Tanque derrames	0,98	22,8	13,3	0,0	1,0
109	Tanque de aceite sucio	0,98	33,0	24,7	0,0	0,9

TOTAL ACEITE: 116,7 m^3

3.1.6-. Tanques de Agua Dulce

Nº	Tanque	PERM	Volumen (m^3)	XG (m)	YG(m)	ZG (m)
110	Tanque de agua dulce E	0,98	124,9	0,0	6,6	13,1
111	Tanque de agua dulce B	0,98	124,9	0,0	-6,6	13,1

112	Tanque de agua dulce destilada	0,98	23,3	3,0	7,2	13,1

TOTAL AGUA DULCE: 273,1 m^3

3.1.7-. Otros Tanques

Nº	Tanque	PERM	Volumen (m^3)	XG (m)	YG (m)	ZG (m)
113	Tanque de lodos	0,98	26,9	13,2	-7,3	8,2
114	Tanque de aguas aceitosas	0,98	15,4	9,2	0	1,1

4-. FRANCOBORDO

En epígrafe se calcula el francobordo reglamentario según las Reglas del Convenio Internacional de las Líneas de Carga del año 1966, enmendadas en las sesiones de 1988 y 2003.

De cara a la aplicación del reglamento, las dimensiones principales del buque proyecto, definidas según la Regulación 3, Capítulo I del Anexo I, serán:

Puntal mínimo de trazado hasta la cubierta de francobordo = 14,4 m

Calado al 85 % del puntal anterior = 12,24 m

Eslora entre perpendiculares al calado anterior = 155,47 m

Eslora total en la flotación al calado anterior = 160,03 m

96 % de la eslora anterior = 153,63 m

Eslora de francobordo = 155,47 m

Manga = 25 m

Puntal de trazado = 14,4 m

Espesor de la plancha de trancanil = 12 mm

Puntal de francobordo = 14,412 m

Coeficiente de bloque al calado anterior = 0,626

REGLA 27

No es necesaria la aplicación del incremento de francobordo, ya que nuestro buque no dispone de zona “tipo 1”.

REGLA 28

Nuestro buque según la presente Regla pertenece al “tipo B”.

El francobordo tabular para L = 155,47 m y buque tipo B se obtiene interpolando entre los valores para 155 y 156 m.

Será, por tanto, 2.428 mm

Así mismo, el francobordo tabular para L = 155,47 m y buque tipo “A” se obtiene interpolando entre los valores para 155 y 156 m.

Será, por tanto, 2.056 mm

Vamos a dotar al buque de la categoría “B-60” bajo las provisiones que establece la presente Regla y que afectarán a los cálculos de estabilidad del buque y a los medios de cierre del mismo. Esto nos permite darle mayor seguridad de operación. El francobordo tabular será:

$$FBT_{B-60} = FBT_B - 60\% \cdot (FBT_B - FBT_A) =$$
$$= 2428 - 0{,}6 \cdot (2428 - 2056) = 2205 mm$$

REGLA 29

No ha lugar a corrección por tener el buque una eslora superior a 100 m.

REGLA 30

No ha lugar a corrección por tener el buque un coeficiente de bloque menor de 0,68.

REGLA 31 (Corrección por puntal)

D = 14,4 m

L/15 = 10,36 m

Como ocurre que D>L/15, el francobordo deberá aumentarse en

$$250 \times \left(D - \frac{L}{15} \right) = 1009mm$$

REGLA 33 a 37

La altura reglamentaria H de las superestructuras es la siguiente:

Por ser L > 125 m H = 1,80 m para saltillos

H = 2,30 m para otro tipo de superestructuras

La reducción por superestructura completa para L > 122 m es de 1.070 mm.

Esta deducción se aplicará teniendo en cuenta el castillo que tenemos en proa, que es la única superestructura que tiene los medios de cierre previstos por la regla 3.10 y cuya altura es de 3.500mm, 1.200mm mayor que la altura estándar exigida.

La longitud media cubierta de castillo es, según la REGLA 34 de 24,23 m, que es la longitud media de la parte del castillo que queda dentro de la eslora (L), con una altura de 3,5 m, que es superior a la altura normal, por lo que la longitud efectiva es también 24,228 m.

Con estos valores se tiene:

$$\frac{E}{L} = 0{,}156$$

Interpolando en la línea I de la REGLA 37, para 0,156 se obtiene una reducción de 10.92% sobre los 1.070 mm.

Siendo la reducción,

10.92 % de 1.070 mm = 117 mm

REGLA 38 (Corrección por arrufo)

El buque de proyecto tiene el arrufo que se origina por la brusca en los extremos de proa y popa, por lo que se deberán considerar las correcciones

por deficiencia de arrufo con respecto a la curva de arrufo normal incluida en esta Regla.

Se calculan los excesos de altura (Z) en las superestructuras de proa y popa, que en el caso del buque proyecto sólo será el castillo de proa que es la única superestructura cerrada con los medios que dispone la Regla 3.10 del presente reglamento.

Exceso de altura en castillo:

Z = 3.500 – 2.300 =1.200 mm

En la siguiente tabla mostramos el perfil estándar de arrufo para nuestro buque según dispone la presente regla, donde el origen lo tenemos en la intersección de la cubierta de francobordo con la perpendicular a la línea base en la eslora media.

	Situación	Arrufo normal	Z (mm)	f	Z · f
Mitad de Popa	Ppp	$25\times\left(\frac{L}{3}+10\right)$	1.546	1	1.546
	$\frac{L}{6}$	$11.1\times\left(\frac{L}{3}+10\right)$	686	3	2.058
	$\frac{L}{3}$	$2.8\times\left(\frac{L}{3}+10\right)$	173	3	519
				Suma	4.123

	Situación	Arrufo normal	Z (mm)	f	Z · f
Mitad de Proa	$\frac{L}{3}$	$5.6\times\left(\frac{L}{3}+10\right)$	346	3	1.038
	$\frac{L}{6}$	$22.2\times\left(\frac{L}{3}+10\right)$	1.372	3	4.116

	Ppr	$50\times\left(\frac{L}{3}+10\right)$	3.091	1	3.091
				Suma	8.245

El buque no posee arrufo alguno por lo que las deficiencias de arrufo serán:

Deficiencia de arrufo en popa = (0 – 4.123)/8 = -515 mm

Deficiencia de arrufo en proa = (0 – 8.245)/8 = -1.031 mm

Deficiencia de arrufo en cubierta = -(515 + 1.031) / 2 = -773 mm

Al ser la altura real del castillo en la ordenada extrema superior a la normal se aumentará el arrufo de la cubierta de francobordo en un valor “s” dado por:

$$s=\frac{y}{3}\times\frac{L'}{L}$$

donde: s = suplemento de arrufo, a deducir del defecto o añadir al exceso de arrufo.

y = diferencia entre las alturas real y normal del castillo en la ordenada extrema de la línea de arrufo (perpendicular de proa), en milímetros.

L’ = longitud media de la parte cerrada del castillo, hasta un máximo de 0,5·L.

L = eslora de francobordo del buque.

En consecuencia será:

$$s=\frac{(3500-2300)}{3}\times\frac{24{,}227}{155{,}47}=62mm$$

Por tanto, la deficiencia de arrufo en la cubierta es:

Deficiencia de arrufo = -773 + 62 = -711 mm

La corrección por arrufo se obtiene multiplicando el valor anterior por el siguiente término:

$$K = 0{,}75 - \frac{S}{2 \cdot L}$$

Siendo S la longitud total de superestructuras cerradas, que en nuestro caso es igual a la longitud del castillo:

S = 24,227 m

Por tanto, la corrección por arrufo es:

$$\Delta f_{arrufo} = 711 \cdot \left(0{,}75 - \frac{24{,}227}{2 \times 155{,}47} \right) = 477 mm$$

FRANCOBORDO GEOMÉTRICO

A falta de la comprobación de la altura mínima en proa, será:

$$\begin{aligned} \mathrm{FBVg} &= \mathrm{FBT} \cdot \mathrm{K_{Cb}} + \mathrm{KD} + \mathrm{KS} + \mathrm{KA} = \\ &= 2205 \times 1 + 1009 - 117 + 477 = 3574 mm \end{aligned}$$

REGLA 39

Hasta el momento, con el francobordo geométrico obtenido en el apartado anterior, la altura en la proa es de:

$$H_{pr} = FBVg + H_{castillo} = 3574 + 3500 = 7074 mm$$

Según dicha regla, la altura mínima en proa debe ser:

$$\begin{aligned} H_{mpr} &= \left(6075 \times \frac{L}{100} - 1875 \times \frac{2L}{100} + 200 \times \frac{3L}{100} \right) \times \\ &\times \left(2{,}48 + 0{,}609 \cdot Cb - 1{,}603 Cwf - 0{,}0129 \times \frac{L}{dl} \right) = \\ &= \left(6075 \times \frac{155{,}47}{100} - 1875 \times \frac{2 \cdot 155{,}47}{100} + 200 \times \frac{3 \cdot 155{,}47}{100} \right) \times \\ &\times \left(2{,}48 + 0{,}609 \cdot 0{,}669 - 1{,}603 \cdot 0{,}711 - 0{,}0129 \times \frac{155{,}47}{12{,}24} \right) = \\ &= 4548 \times 1.584 = 7203 mm \end{aligned}$$

donde: L = eslora entre perpendiculares definida por la regla 3.

Cb = coeficiente de bloque definido por la regla 3.

Cwf = coeficiente de área de la flotación de la mitad de proa del buque:

$$C_{wf} = \frac{A_{wf}}{\frac{L}{2} \times B}$$

Awf = área de la flotación de la mitad de proa del buque.

dl = calado de francobordo.

Como la altura de la proa es menor que la mínima exigida debemos aumentar el francobordo en una cantidad igual a la diferencia de estos dos valores. Así, el nuevo francobordo geométrico será:

$$FBVg = FBVg_0 + (H_{\min pr} - H_{pr}) =$$
$$= 3574 + (7203 - 7074) = 3591 + 612 = 3703mm$$

Por la presente regla se nos exige además un exceso de flotabilidad en la parte de proa dada por la proyección del área lateral del casco y las superestructuras comprendida entre la perpendicular de proa y un quince por ciento de la eslora por detrás de la misma.

$$A_{lateral\_mínima} \geq \frac{L}{1000} \times \left(0{,}15 \cdot F_{\min} + 4 \times \left(\frac{L}{3} + 10 \right) \right) =$$
$$= \frac{155{,}47}{1000} \times \left(0{,}15 \times 3214 + 4 \times \left(\frac{155{,}47}{3} + 10 \right) \right) = 113{,}40m^2$$

con:

$$F_{\min} = (F_0 \times f_1) + f_2 = (2205 \times 0) + 1009 = 3214mm$$

donde: F_0 es el francobordo tabular.

f_1 es la corrección por coeficiente de bloque en mm.

f_2 es la corrección por puntal en mm.

El valor de la proyección del área lateral de nuestro buque es:

$$A_{lateral} = 132{,}0m^2 \geq A_{lateral\_mínima}$$

Vemos que esta condición se cumple.

REGLA 1

Debido a que el buque proyecto está escantillonado para un calado de 10,5 m, el francobordo de verano debe aumentarse hasta un valor tal que tenga por calado ese valor.

Así mismo, en el apartado de Generalidades del Reglamento de francobordo especifica que el buque debe ser cumplir con criterios de estabilidad intacta y después de averías hasta donde se encuentre situado el disco. En el cuaderno de situaciones de carga se comprueba este cumplimiento hasta un calado de 10.5 m. Así pues, el Francobordo de Verano será:

$$FBV = D - T_{escantillonado} = 14400 - 10500 = 3900mm$$

A partir del calado de verano y por aplicación de la regla 40, se obtienen las reducciones para francobordo tropical y los incrementos para francobordo de invierno y del Atlántico Norte, Invierno, así como la reducción para agua dulce.

RESUMEN DE LOS DISTINTOS FRANCOBORDOS	
- Reducción para FB tropical (d/48)	219 mm
Francobordo Tropical	3.681 mm
Calado Real Tropical	10.719 mm
- Incremento para FB de invierno (d/48)	219 mm
Francobordo Invierno	4.119 mm
Calado Real Invierno	10.281 mm
- Incremento para FB Atlántico Norte invierno (FBI+50mm)	269 mm
Francobordo Atlántico Norte	4.169 mm
Calado Real Atlántico Norte	10.231 mm
- Reducción para FB en Agua Dulce (/40T)	210 mm

Francobordo Agua Dulce	3.690 mm
Calado Real Agua Dulce	10.710 mm

donde: d = calado de verano = 10.500mm

FBI = francobordo de invierno

Δ = desplazamiento en agua salada al francobordo de verano = 26.841 toneladas

T = toneladas por centímetro de inmersión en agua salada al francobordo de verano = 32 t

5-. ARQUEO

5.1-. Cálculo del arqueo bruto.

El cálculo del arqueo bruto de un buque, GT, se realiza según la Regla 3 del Convenio Internacional Sobre Arqueo de Buques de 1969. Para ello se emplea la siguiente fórmula:

$$GT = K_1 \cdot V$$

Donde V es el volumen total de todos los espacios cerrados del buque en metros cúbicos.

Se considerarán por una parte el volumen encerrado debajo de la cubierta superior y por otro el resto de volúmenes de espacios cerrados por encima de la cubierta superior. Por otro lado, K1 se calcula con ayuda de la siguiente expresión:

$$K_1 = 0,2 + 0,02 \cdot \log_{10} V \,.$$

El volumen total, V, es el siguiente:

Nombre del espacio	Volumen del espacio (m^3)
Volumen bajo la cubierta de francobordo	41.522
Volumen de las escotillas	1.749
Volumen superestructura de alojamiento	3.612

Volumen del Castillo de proa	561
Volumen caseta guardacalor	207
Volumen chimenea	230
Total (V)	**47.881**

Luego el coeficiente K_1 vale:

$$K_1 = 0{,}2 + 0{,}02 \cdot \log_{10} V = 0{,}2 + 0{,}02 \cdot \log_{10} 47881 = 0{,}294$$

Por lo tanto GT vale:

$$GT = K_1 \cdot V = 0{,}294 \cdot 47881 = 14077$$

5.2-. Cálculo del arqueo neto.

El cálculo del arqueo neto de un buque, NT, se realiza según la Regla 4 del Convenio Internacional Sobre Arqueo de Buques de 1969. Para ello se emplea la siguiente fórmula:

$$NT = K_2 \cdot V_c \cdot \left(\frac{4 \cdot d}{3 \cdot D}\right)^2 + K_3 \cdot \left(N_1 + \frac{N_2}{10}\right)$$

donde: V_C es el volumen total de los espacios de carga, en metros cúbicos.

K2 = 0,2 +0,02 · log10 (VC)

K3 = 1,25 · (GT + 10000) / 10.000

D es el puntal de trazado en el centro del buque expresado en metros según la definición dada en la Regla 2.2

d es el calado de trazado en el centro del buque expresado en metros. Según la Regla 4.2, es el calado correspondiente a la línea de carga de verano para los buques sujetos a las disposiciones del Convenio Internacional sobre Líneas de Carga

N1 es el número de pasajeros en camarotes que no tengan más de 8 literas

N2 es el número de los demás pasajeros

GT es el arqueo bruto del buque calculado según lo dispuesto en la Regla 3

En esta expresión hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

El factor $(4 \cdot d / 3 \cdot D)^2$ no se tomará superior a 1

El término K2 · VC · (4d/3D)2 no se tomará inferior a 0,25 · GT

El arqueo neto no se tomará inferior a 0,30 · GT

Para el caso del buque proyecto, los valores de estas variables son los que siguen:

$$d = 10{,}5m$$

$$D = 14{,}4$$

$$N_1 = N_2 = 0$$

El volumen de carga, Vc, se determina utilizando los volúmenes de las bodegas de carga calculados con el programa de Arquitectura Naval Hydromax.

$$V_c = 24877m^3$$

Se determina, por lo tanto el valor del factor:

$$\left(\frac{4 \cdot d}{3 \cdot D}\right)^2 = \left(\frac{4 \cdot 10{,}5}{3 \cdot 14{,}4}\right)^2 = 0{,}945$$

que es menor que la unidad, con lo que se tomará el valor calculado.

Así mismo,

$$K2 = 0{,}2 + 0{,}02 \cdot \log_{10}(V_C) = 0{,}2 + 0{,}02 \cdot \log_{10}(24.877) = 0{,}288$$

con lo que se obtiene un valor de

$$K_2 \cdot V_C \cdot \left(\frac{4 \cdot d}{3 \cdot D}\right)^2 = 0{,}288 \cdot 24877 \cdot 0{,}945 = 6771$$

que es mayor que 0,25 ·GT, puesto que

$$0{,}25 \cdot GT = 0{,}25 \cdot 14077 = 3519$$

Finalmente, el Arqueo Neto será:

$$NT = 6771$$

que se comprueba que es mayor que 0,30·GT, puesto que

$$0{,}30 \cdot GT = 0{,}30 \cdot 14077 = 4223$$

Como resumen:

NT	**6.771**
GT	**14.077**

6-. BIBLIOGRAFÍA

— “Teoría del buque. Tomo I. Estabilidad”. D. Gonzalo Pérez

ANEXO I:

TABLAS Y CURVAS DE CARACTERÍSTICAS HIDROSTÁTICAS

Tablas y curvas para un trimado de 0m.

Tabla de Características Hidrostáticas						
Proyecto 1674. Buque Polivalente 20000 TPM						
Trimado = 0 m						
T (m)	Desplazamiento (m^3)	Desplazamiento (T)	$X_{Centro\ de\ Carena}$ (m)	$Z_{Centro\ de\ Carena}$ (m)	Área en la flotación (m^2)	$X_{Centro\ de\ la\ Flotación}$ (m)
11,0	27766,8	28461	71,707	6,062	3203,8	67,543
10,5	26186,3	26841,0	76,559	5,775	3.155,5	72,258
10,0	24620,5	25236,0	76,825	5,491	3.101,7	72,564
9,5	23083,9	23661,0	77,095	5,207	3.043,7	72,992
9,0	21578,5	22118,0	77,361	4,925	2.979,0	73,608
8,5	20104,4	20607,0	77,614	4,644	2.917,8	74,193
8,0	18660,5	19127,0	77,854	4,365	2.856,8	74,835
7,5	17246,8	17678,0	78,077	4,088	2.799,4	75,447
7,0	15861,5	16258,0	78,279	3,812	2.743,5	76,092
6,5	14503,4	14866,0	78,453	3,536	2.688,0	76,748
6,0	13172,7	13502,0	78,592	3,262	2.632,9	77,384
5,5	11870,2	12167,0	78,692	2,989	2.578,7	77,975
5,0	10594,1	10859,0	78,747	2,717	2.524,8	78,481
4,5	9345,4	9579,0	78,755	2,445	2.470,4	78,880
4,0	8123,9	8327,0	78,714	2,173	2.414,1	79,156
3,5	6931,7	7105,0	78,622	1,902	2.354,4	79,314
3,0	5770,7	5915,0	78,481	1,631	2.287,8	79,307
2,5	4645,9	4762,0	78,296	1,359	2.211,1	79,162
2,0	3562,0	3651,0	78,073	1,088	2.120,2	78,878
1,5	2528,8	2592,0	77,821	0,816	2.008,3	78,485
1,0	1560,0	1599,0	77,551	0,545	1.858,2	78,023

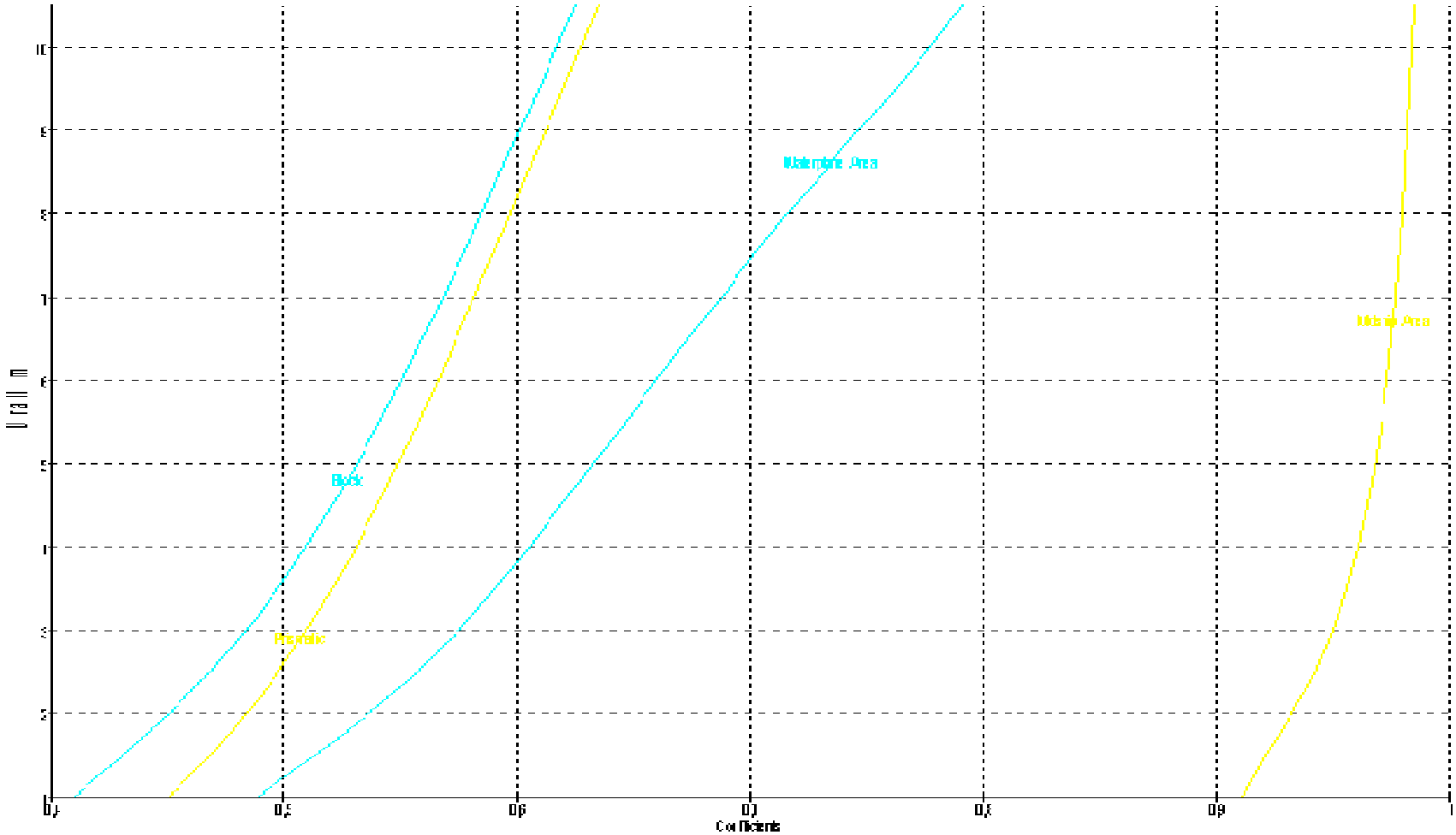
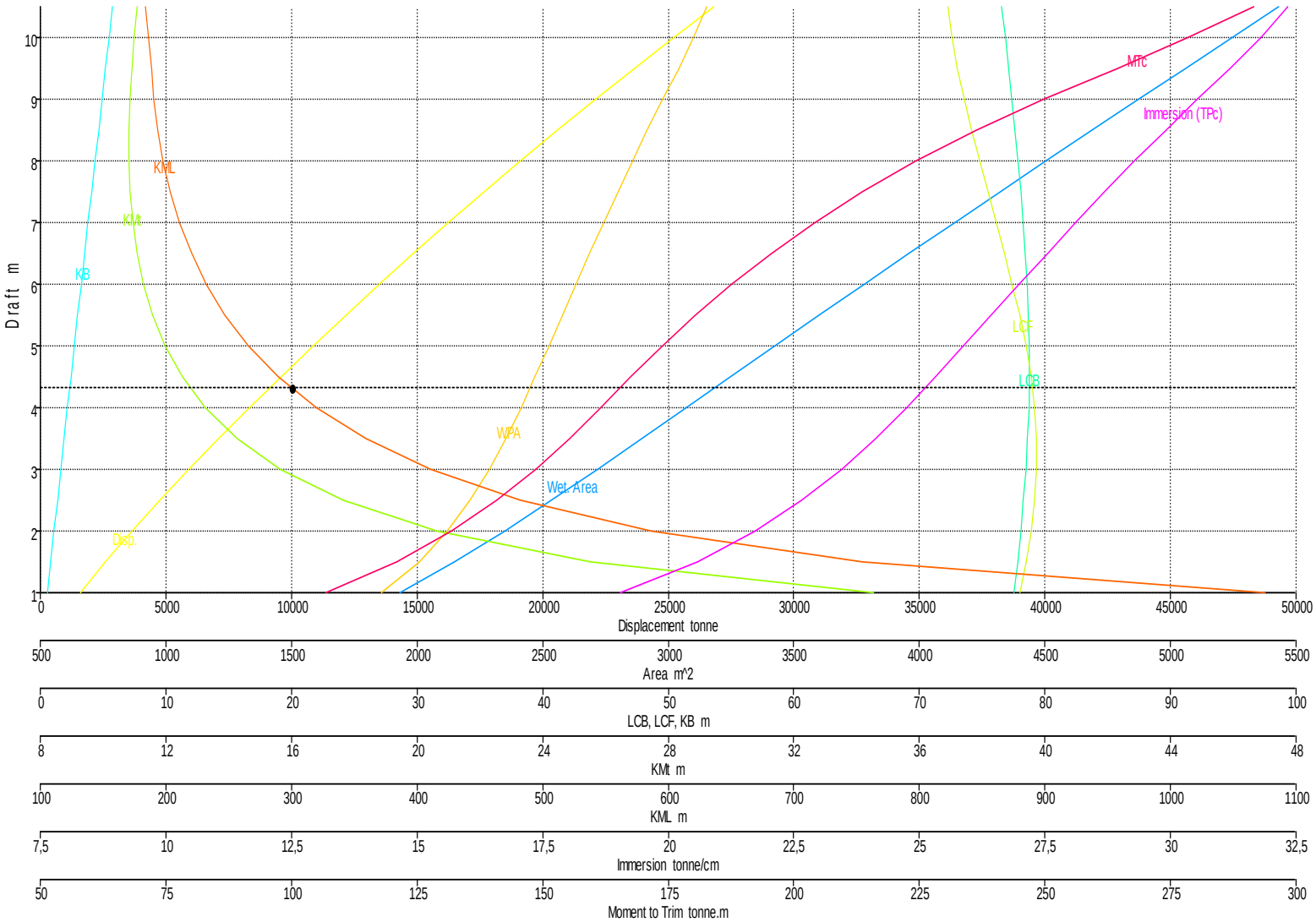

Draft m
Coefficients
Block
Prismatic
Midship Area
Midship Area

Tabla de Características Hidrostáticas									
Proyecto 1674. Buque Polivalente 20000 TPM									
Trimado = 0 m									
T (m)	Superficie mojada (m^2)	KML (m)	KMT (m)	Toneladas por cm de inmersión	Momento para trimar un cm (t·cm)	CB	CM	CF	CP
11,0	5609,0	180,844	11,186	32,839	312,834	0,651	0,985	0,827	0,991
10,5	5.428,3	183,874	11,082	32,34	272,6	0,625	0,985	0,791	0,635
10,0	5.244,6	186,504	10,993	31,79	217,2	0,617	0,984	0,777	0,627
9,5	5.059,9	188,918	10,918	31,20	172,5	0,609	0,983	0,763	0,620
9,0	4.871,6	190,582	10,861	30,54	139,3	0,601	0,982	0,747	0,612
8,5	4.687,1	193,613	10,829	29,91	118,2	0,593	0,981	0,731	0,604
8,0	4.502,8	197,545	10,828	29,28	109,4	0,585	0,980	0,716	0,597
7,5	4.322,1	203,318	10,864	28,69	112,2	0,576	0,978	0,701	0,589
7,0	4.140,7	210,944	10,943	28,12	125,8	0,568	0,977	0,687	0,581
6,5	3.959,6	220,411	11,077	27,55	149,8	0,559	0,975	0,673	0,574
6,0	3.779,4	232,154	11,280	26,99	183,8	0,550	0,973	0,660	0,566
5,5	3.600,6	247,069	11,569	26,43	227,1	0,541	0,971	0,646	0,557
5,0	3.423,0	265,856	11,969	25,88	278,4	0,531	0,968	0,633	0,549
4,5	3.246,7	289,643	12,512	25,32	336,4	0,520	0,964	0,619	0,540
4,0	3.070,5	319,967	13,248	24,75	399,4	0,509	0,960	0,605	0,530
3,5	2.895,0	359,509	14,254	24,13	465,5	0,497	0,956	0,591	0,520
3,0	2.717,3	411,265	15,649	23,45	531,6	0,483	0,950	0,575	0,509
2,5	2.535,5	482,240	17,645	22,66	593,8	0,468	0,942	0,557	0,497
2,0	2.348,1	586,113	20,642	21,73	646,3	0,450	0,932	0,536	0,484
1,5	2.150,8	754,485	25,514	20,59	679,2	0,431	0,921	0,513	0,468
1,0	1.931,4	1075,204	34,539	19,05	670,9	0,409	0,911	0,487	0,450



Draft = 4,325 m KML = 300,256 m

Tablas y curvas para un trimado de -1 m.

Tabla de Características Hidrostáticas						
Proyecto 1674. Buque Polivalente 20000 TPM						
Trimado = -1 m						
T (m)	Desplazamiento (m^3)	Desplazamiento (T)	$X_{Centro\ de\ Carena}$ (m)	$Z_{Centro\ de\ Carena}$ (m)	Área en la flotación (m^2)	$X_{Centro\ de\ la\ Flotación}$ (m)
11,0	27567,8	28257,0	72,870	6,030	3192,3	68,269
10,5	26045,9	26697,0	77,697	5,753	3.140,1	73,059
10,0	24489,8	25102,0	77,977	5,470	3.081,8	73,419
9,5	22964,9	23539,0	78,257	5,189	3.016,5	73,970
9,0	21473,2	22010,0	78,533	4,909	2.954,1	74,490
8,5	20011,7	20512,0	78,803	4,630	2.891,9	75,047
8,0	18580,5	19045,0	79,067	4,353	2.833,1	75,578
7,5	17177,6	17607,0	79,324	4,078	2.775,9	76,133
7,0	15803,9	16199,0	79,571	3,804	2.719,7	76,714
6,5	14457,6	14819,0	79,802	3,531	2.665,1	77,319
6,0	13138,5	13467,0	80,015	3,260	2.612,2	77,905
5,5	11845,9	12142,0	80,209	2,989	2.560,6	78,438
5,0	10577,6	10842,0	80,384	2,718	2.510,1	78,909
4,5	9335,6	9569,0	80,545	2,448	2.459,5	79,294
4,0	8119,0	8322,0	80,700	2,178	2.407,1	79,585
3,5	6928,8	7102,0	80,863	1,908	2.350,9	79,772
3,0	5768,8	5913,0	81,057	1,638	2.288,3	79,873
2,5	4642,9	4759,0	81,329	1,368	2.214,9	79,851
2,0	3556,1	3645,0	81,775	1,098	2.126,1	79,748
1,5	2520,0	2583,0	82,604	0,829	2.013,4	79,646
1,0	1550,2	1589,0	84,403	0,564	1.858,0	79,760

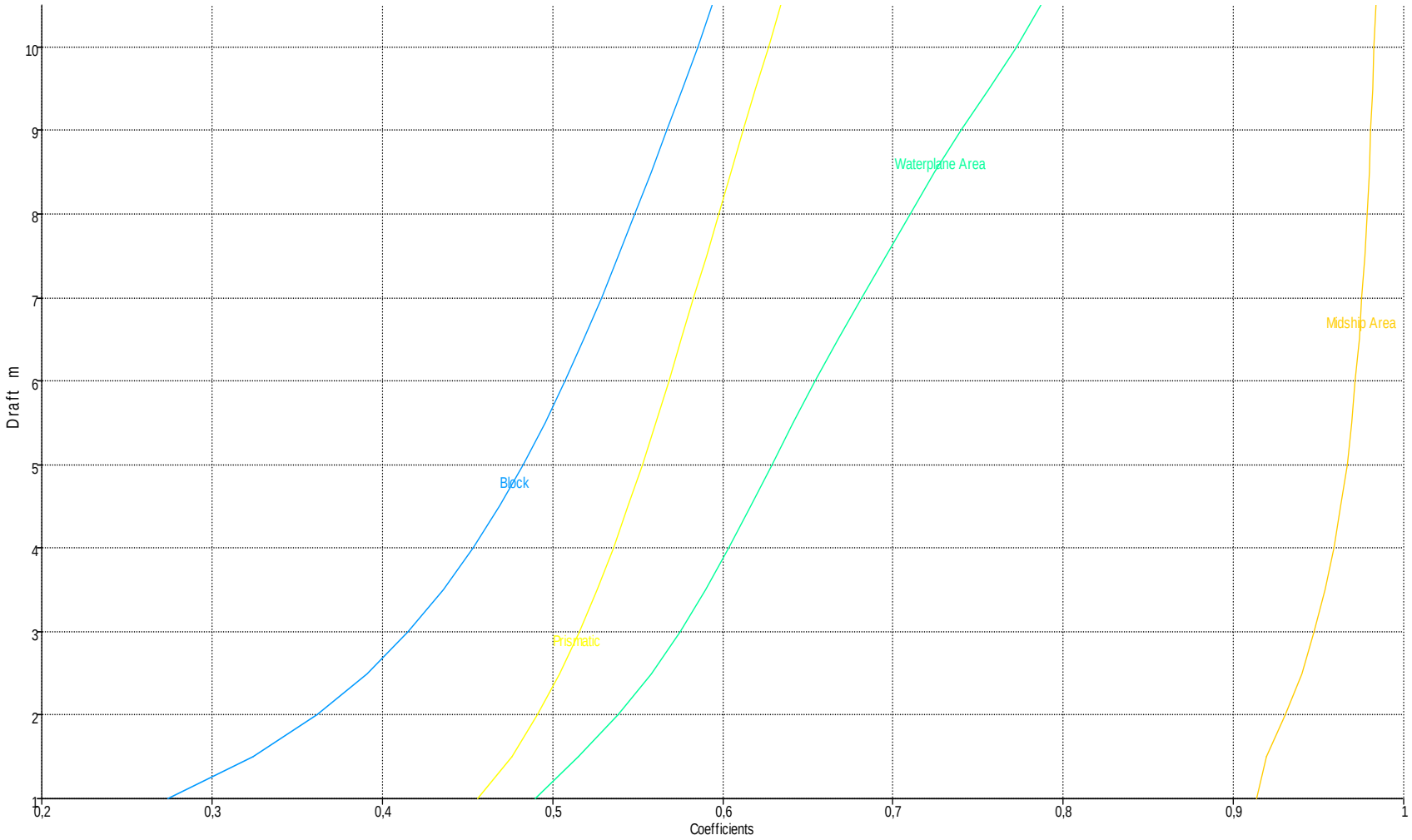
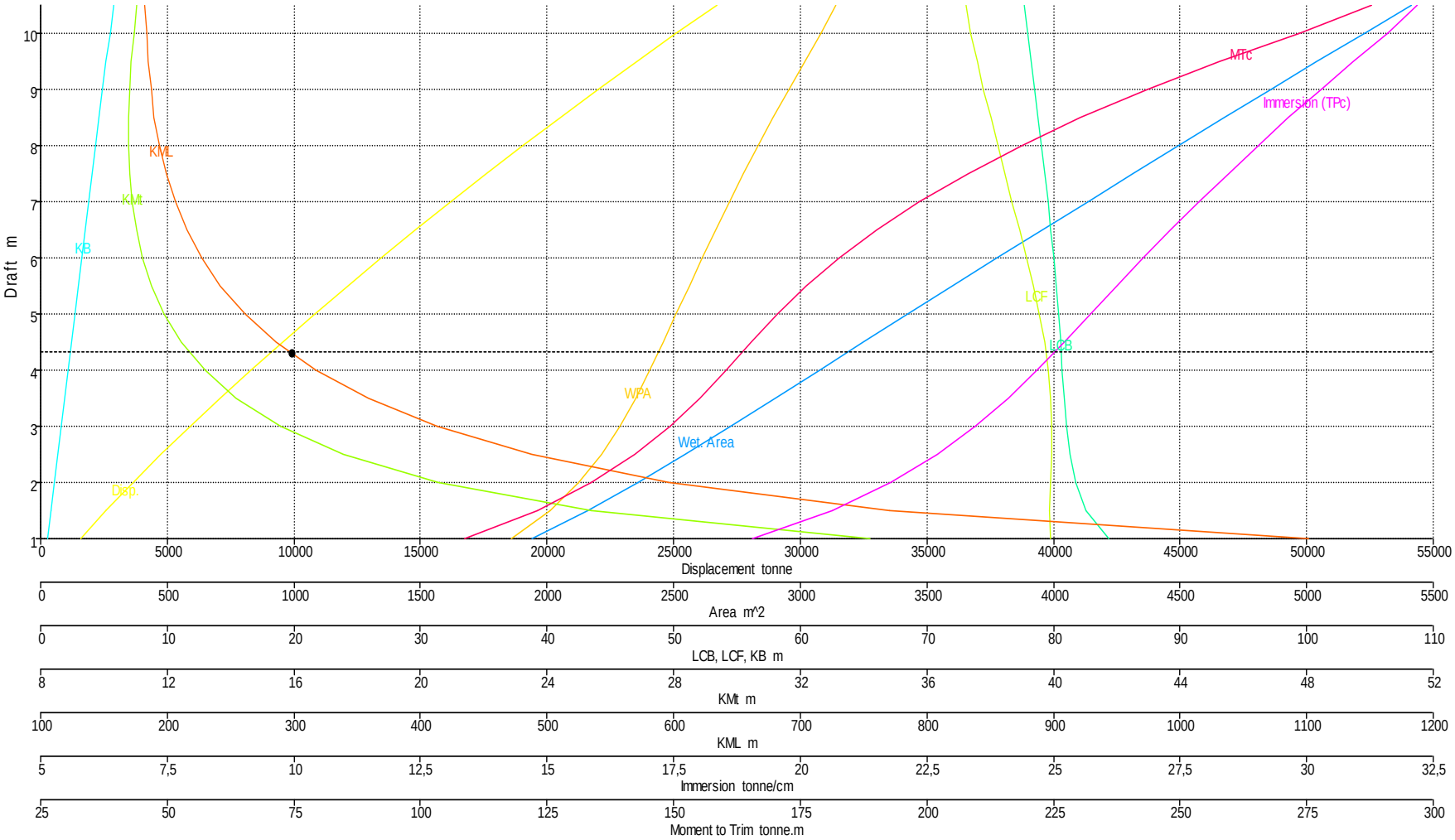

Draft m
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1
Coefficients
Block
Prismatic
Waterplane Area
Midship Area

Tabla de Características Hidrostáticas									
Proyecto 1674, Buque Polivalente 20000 TPM									
Trimado = -1 m									
T (m)	Superficie mojada (m^2)	KML (m)	KMT (m)	Toneladas por cm de inmersión	Momento para trimar un cm (t·cm)	CB	CM	CF	CP
11,0	5590,7	180,566	11,148	32,721	310,141	0,619	0,984	0,824	0,660
10,5	5.412,9	182,545	11,042	32,19	258,6	0,594	0,983	0,787	0,634
10,0	5.228,6	184,318	10,947	31,59	200,8	0,585	0,983	0,772	0,627
9,5	5.040,8	185,195	10,867	30,92	154,9	0,576	0,982	0,756	0,619
9,0	4.857,1	187,114	10,809	30,28	121,6	0,567	0,981	0,740	0,612
8,5	4.674,3	189,687	10,776	29,64	101,1	0,558	0,980	0,725	0,605
8,0	4.494,9	193,697	10,775	29,04	92,8	0,548	0,978	0,710	0,598
7,5	4.315,1	199,118	10,809	28,45	96,0	0,539	0,977	0,696	0,590
7,0	4.135,6	206,082	10,888	27,88	110,2	0,529	0,975	0,681	0,583
6,5	3.956,1	215,248	11,022	27,32	135,1	0,518	0,974	0,668	0,576
6,0	3.777,7	227,017	11,225	26,78	170,2	0,507	0,972	0,654	0,568
5,5	3.601,1	242,066	11,515	26,25	214,5	0,495	0,969	0,642	0,561
5,0	3.425,8	261,485	11,913	25,73	266,6	0,483	0,967	0,629	0,553
4,5	3.250,6	286,257	12,452	25,21	325,2	0,469	0,963	0,616	0,545
4,0	3.075,8	317,916	13,183	24,67	388,9	0,453	0,959	0,603	0,536
3,5	2.901,2	358,938	14,183	24,10	455,7	0,436	0,954	0,590	0,526
3,0	2.725,2	413,458	15,575	23,46	523,0	0,415	0,947	0,575	0,516
2,5	2.545,0	487,620	17,570	22,70	586,4	0,391	0,940	0,558	0,504
2,0	2.359,1	596,075	20,566	21,79	639,6	0,362	0,931	0,538	0,491
1,5	2.162,1	770,289	25,404	20,64	671,2	0,324	0,919	0,515	0,476
1,0	1.939,7	1101,626	34,221	19,04	657,0	0,274	0,914	0,490	0,456



Draft = 4,325 m KML = 297,338 m

Tablas y curvas para un trimado de 1 m.

Tabla de Características Hidrostáticas						
Proyecto 1674. Buque Polivalente 20000 TPM						
Trimado = 1 m						
T (m)	Desplazamiento (m^3)	Desplazamiento (T)	$X_{Centro\ de\ Carena}$ (m)	$Z_{Centro\ de\ Carena}$ (m)	Área en la flotación (m^2)	$X_{Centro\ de\ la\ Flotación}$ (m)
11,0	27982,4	28682,0	70,742	6,104	5626,4	66,903
10,5	26344,4	27003,0	75,412	5,807	3.167,4	71,578
10,0	24770,7	25390,0	75,658	5,522	3.120,0	71,783
9,5	23223,4	23804,0	75,911	5,237	3.066,6	72,156
9,0	21703,4	22246,0	76,162	4,952	3.009,7	72,650
8,5	20214,6	20720,0	76,400	4,669	2.945,5	73,366
8,0	18757,1	19226,0	76,614	4,388	2.885,7	74,034
7,5	17329,8	17763,0	76,802	4,108	2.826,1	74,767
7,0	15930,7	16329,0	76,956	3,830	2.769,6	75,456
6,5	14560,0	14924,0	77,071	3,552	2.713,0	76,141
6,0	13217,6	13548,0	77,138	3,276	2.656,1	76,817
5,5	11904,4	12202,0	77,146	3,001	2.598,6	77,438
5,0	10619,5	10885,0	77,085	2,727	2.540,7	77,968
4,5	9363,9	9598,0	76,947	2,455	2.481,8	78,375
4,0	8137,6	8341,0	76,719	2,183	2.421,2	78,651
3,5	6943,4	7117,0	76,387	1,912	2.356,3	78,747
3,0	5782,4	5927,0	75,932	1,641	2.284,9	78,669
2,5	4659,5	4776,0	75,316	1,372	2.204,3	78,404
2,0	3580,5	3670,0	74,468	1,104	2.110,2	77,960
1,5	2553,2	2617,0	73,217	0,837	1.995,5	77,277
1,0	1591,2	1631,0	71,077	0,574	1.844,6	76,280

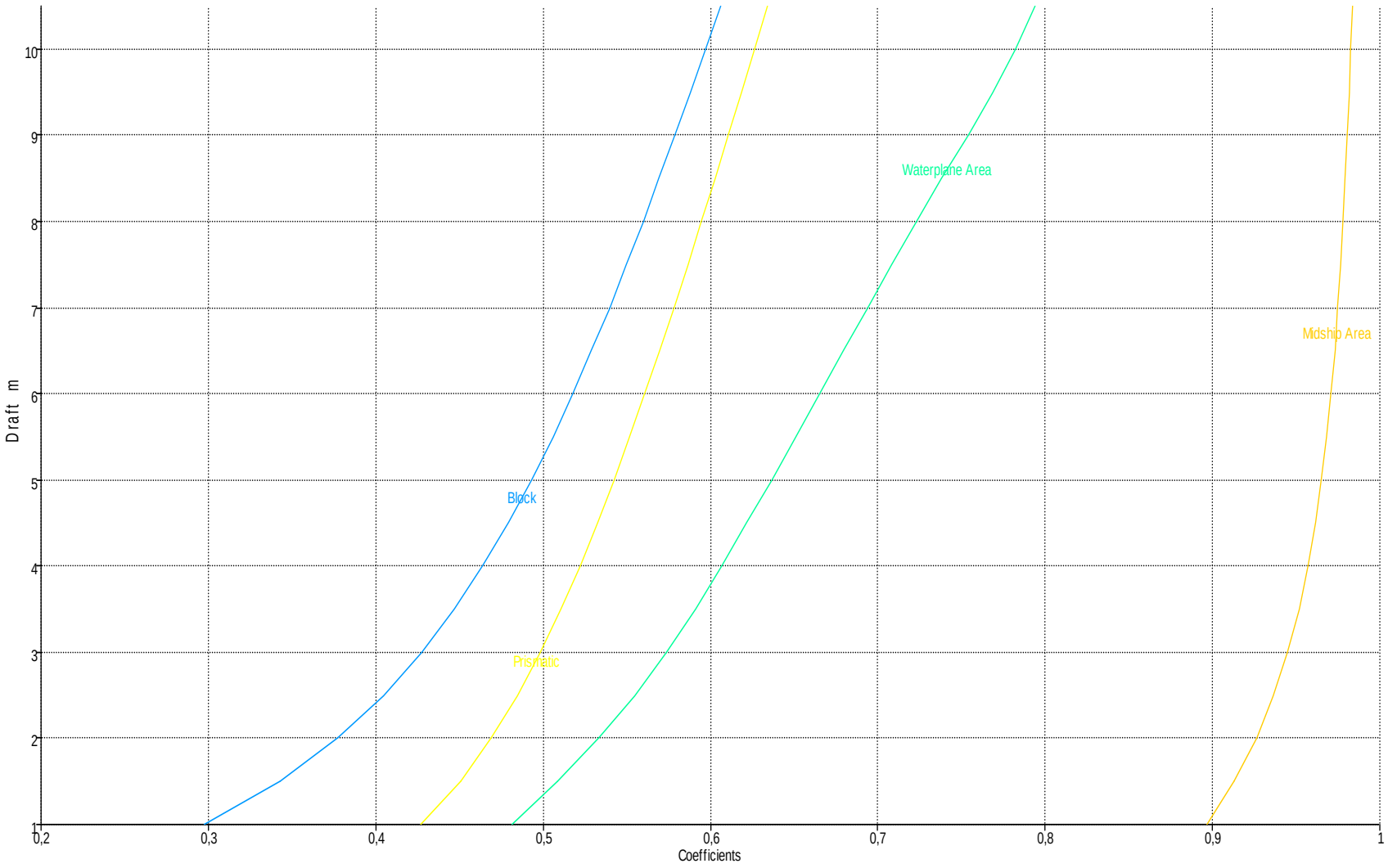
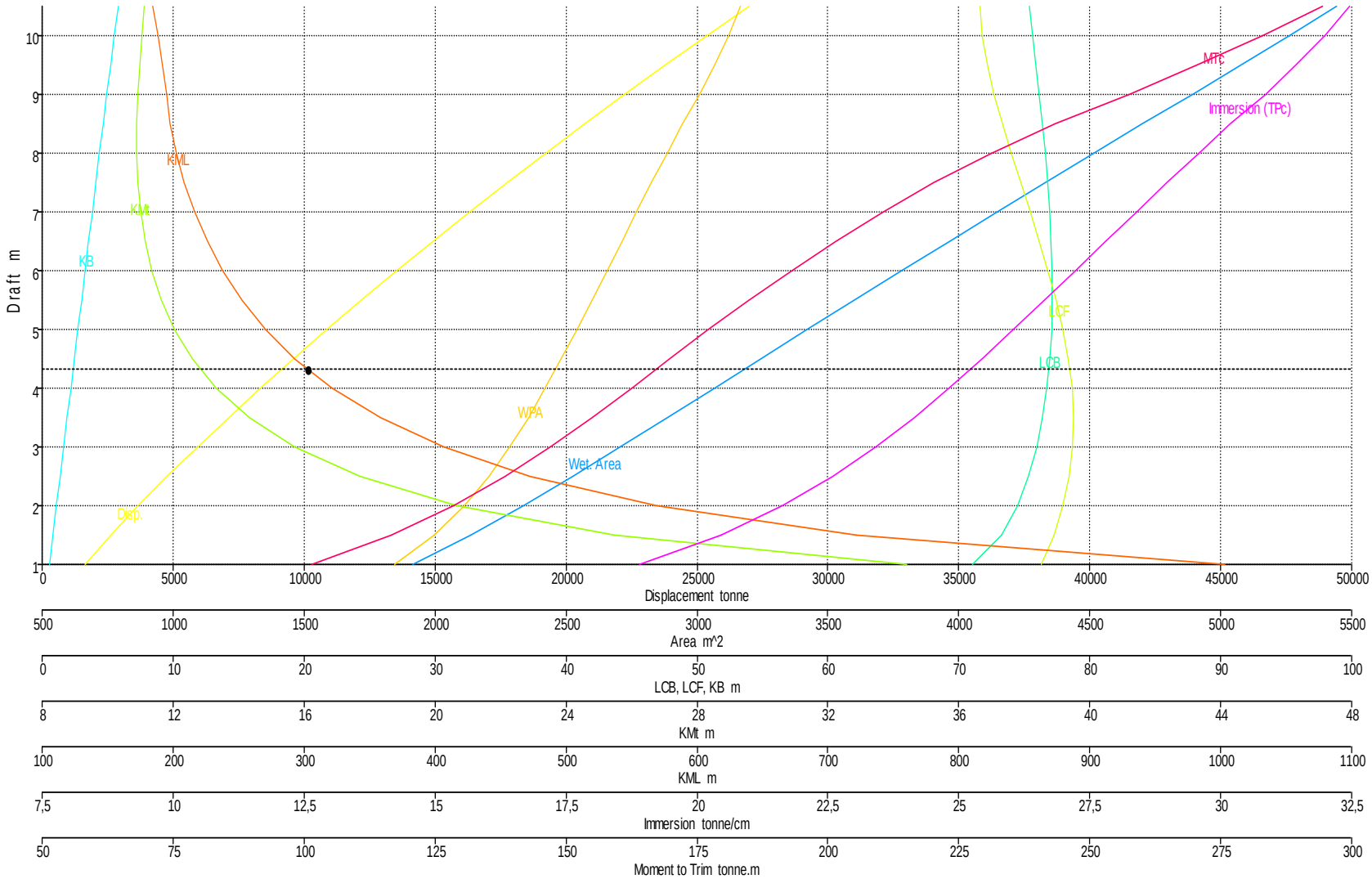

Draft m
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1
Coefficients
Block
Prismatic
Waterplane Area
Midship Area

Tabla de Características Hidrostáticas									
Proyecto 1674, Buque Polivalente 20000 TPM									
Trimado = 1 m									
T (m)	Superficie mojada (m^2)	KML (m)	KMT (m)	Toneladas por cm de inmersión	Momento para trimar un cm (t·cm)	CB	CM	CF	CP
11,0	5626,4	180,553	11,227	32,926	314,651	0,632	0,984	0,829	0,661
10,5	5.441,7	184,501	11,126	32,47	282,2	0,606	0,984	0,794	0,634
10,0	5.261,1	188,344	11,044	31,98	229,6	0,597	0,983	0,782	0,627
9,5	5.076,6	191,737	10,975	31,43	187,3	0,588	0,982	0,769	0,619
9,0	4.891,2	195,199	10,922	30,85	155,2	0,579	0,981	0,754	0,611
8,5	4.700,6	197,928	10,892	30,19	134,2	0,569	0,980	0,738	0,603
8,0	4.515,0	202,506	10,891	29,58	124,7	0,560	0,978	0,723	0,595
7,5	4.329,1	208,350	10,928	28,97	127,0	0,550	0,977	0,708	0,586
7,0	4.146,8	216,295	11,009	28,39	140,2	0,540	0,975	0,694	0,578
6,5	3.964,6	225,995	11,144	27,81	163,4	0,529	0,973	0,680	0,570
6,0	3.782,7	237,880	11,347	27,23	196,4	0,518	0,971	0,665	0,561
5,5	3.601,4	252,337	11,636	26,64	238,5	0,506	0,968	0,651	0,552
5,0	3.421,6	270,239	12,037	26,04	288,8	0,493	0,965	0,637	0,542
4,5	3.243,5	292,691	12,583	25,44	345,9	0,479	0,961	0,622	0,533
4,0	3.066,8	321,537	13,322	24,82	408,0	0,464	0,957	0,607	0,522
3,5	2.888,6	358,172	14,329	24,15	473,0	0,447	0,952	0,591	0,511
3,0	2.708,7	406,486	15,722	23,42	537,7	0,427	0,945	0,574	0,498
2,5	2.525,6	472,799	17,705	22,59	598,3	0,405	0,937	0,555	0,485
2,0	2.336,1	569,219	20,676	21,63	649,6	0,378	0,926	0,533	0,469
1,5	2.136,2	721,452	25,494	20,45	682,9	0,343	0,913	0,509	0,451
1,0	1.915,3	1003,032	34,399	18,91	678,6	0,297	0,897	0,481	0,427



Draft = 4,325 m KML = 302,788 m

Tablas y curvas para un trimado de 2 m.

Tabla de Características Hidrostáticas						
Proyecto 1674, Buque Polivalente 20000 TPM						
Trimado = 2 m						
T (m)	Desplazamiento (m^3)	Desplazamiento (T)	$X_{Centro\ de\ Carena}$ (m)	$Z_{Centro\ de\ Carena}$ (m)	Área en la flotación (m^2)	$X_{Centro\ de\ la\ Flotación}$ (m)
11,0	28214,6	28920,0	69,379	6,156	3218,6	66,349
10,5	26518,0	27181,0	74,260	5,849	3.176,8	70,985
10,0	24936,6	25560,0	74,480	5,563	3.134,3	71,130
9,5	23379,5	23964,0	74,708	5,277	3.088,0	71,401
9,0	21847,8	22394,0	74,936	4,991	3.035,7	71,862
8,5	20344,4	20853,0	75,152	4,706	2.979,4	72,454
8,0	18870,2	19342,0	75,342	4,422	2.916,5	73,268
7,5	17427,3	17863,0	75,493	4,140	2.857,5	74,017
7,0	16013,7	16414,0	75,600	3,859	2.797,7	74,788
6,5	14629,3	14995,0	75,656	3,580	2.739,9	75,504
6,0	13274,1	13606,0	75,650	3,302	2.680,8	76,186
5,5	11948,3	12247,0	75,569	3,025	2.620,1	76,816
5,0	10654,6	10921,0	75,400	2,751	2.557,8	77,355
4,5	9391,2	9626,0	75,124	2,478	2.494,2	77,778
4,0	8161,0	8365,0	74,723	2,207	2.427,7	78,021
3,5	6964,9	7139,0	74,172	1,937	2.357,2	78,078
3,0	5804,9	5950,0	73,430	1,670	2.280,5	77,930
2,5	4685,9	4803,0	72,425	1,406	2.195,0	77,568
2,0	3612,7	3703,0	71,024	1,144	2.095,8	76,928
1,5	2593,2	2658,0	68,931	0,889	1.975,9	75,947
1,0	1643,9	1685,0	65,405	0,643	1.810,4	74,076

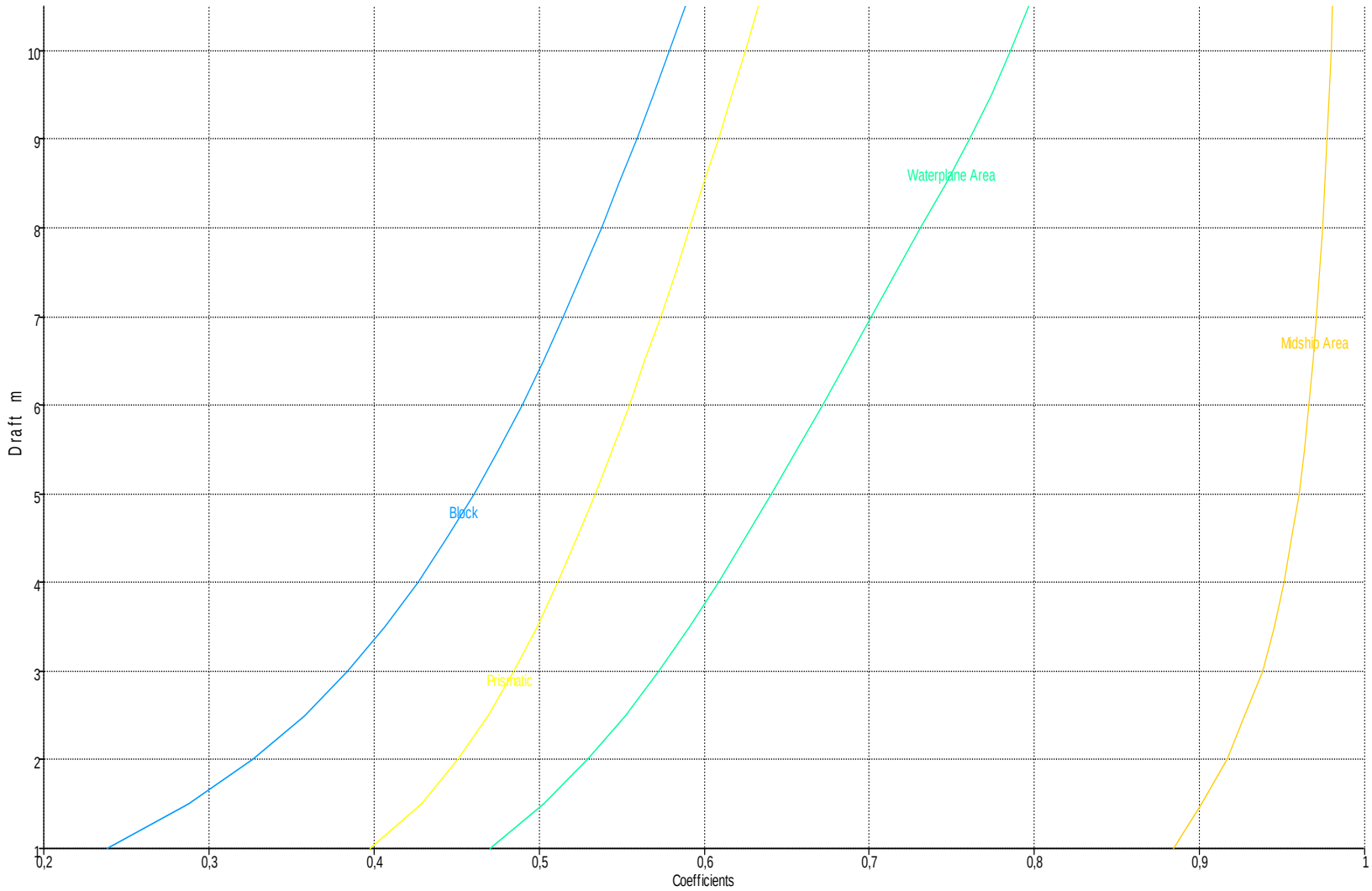
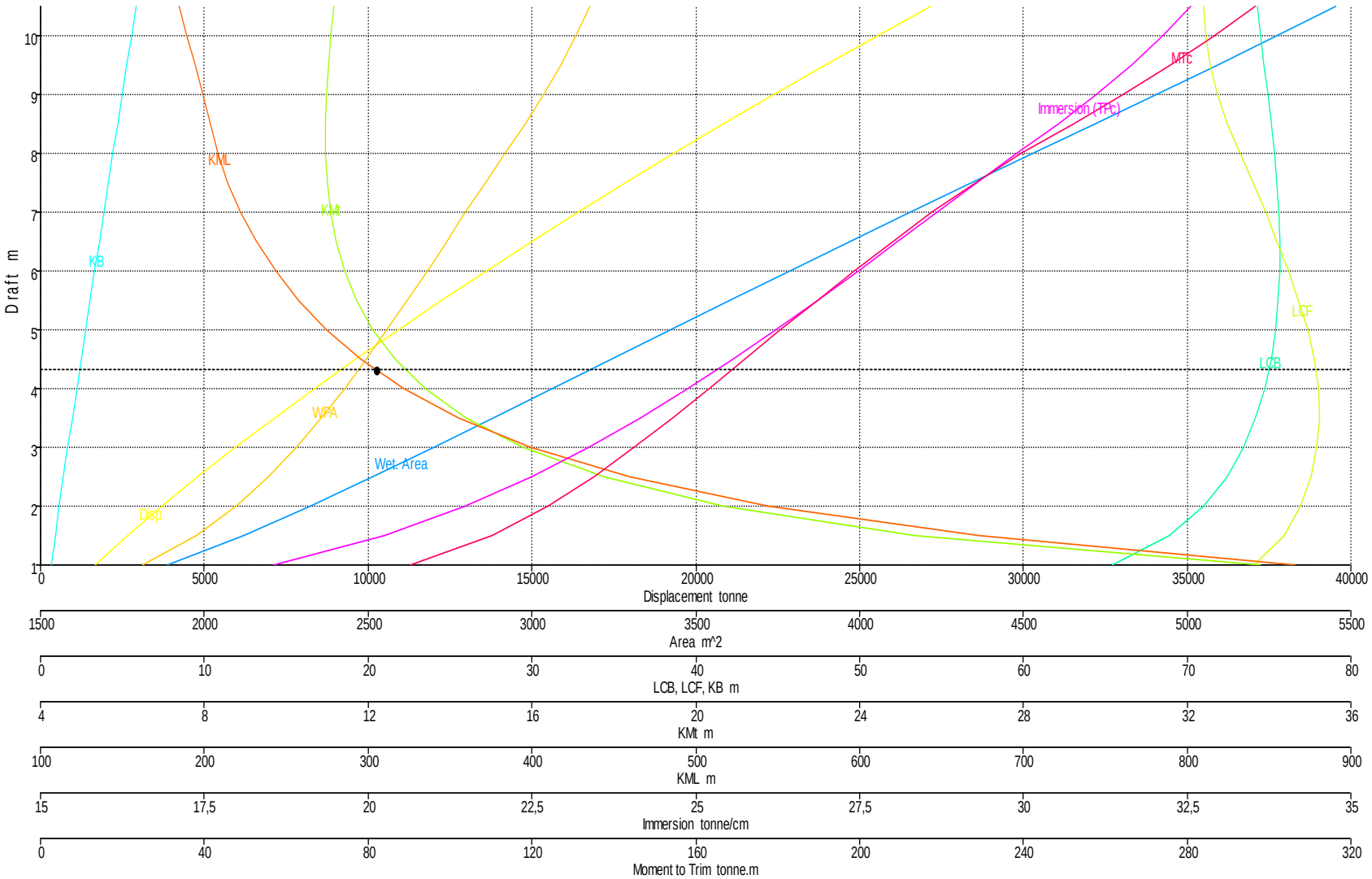

Draft m
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1
Coefficients
Block
Prismatic
Waterplane Area
Midship Area

Tabla de Características Hidrostáticas									
Proyecto 1674, Buque Polivalente 20000 TPM									
Trimado = 2 m									
T (m)	Superficie mojada (m^2)	KML (m)	KMT (m)	Toneladas por cm de inmersión	Momento para trimar un cm (t·cm)	CB	CM	CF	CP
11,0	5643,0	179,885	11,271	32,991	315,9	0,615	0,982	0,831	0,660
10,5	5.454,2	184,677	11,173	32,56	286,7	0,589	0,981	0,796	0,633
10,0	5.274,9	189,414	11,098	32,13	237,4	0,579	0,980	0,786	0,625
9,5	5.093,3	194,262	11,037	31,65	198,1	0,569	0,979	0,774	0,617
9,0	4.907,1	198,822	10,991	31,12	168,4	0,559	0,977	0,761	0,609
8,5	4.719,8	203,586	10,965	30,54	148,3	0,549	0,976	0,747	0,600
8,0	4.527,5	207,965	10,966	29,89	138,9	0,538	0,975	0,731	0,591
7,5	4.340,3	214,419	11,004	29,29	140,5	0,527	0,973	0,716	0,582
7,0	4.154,0	222,023	11,087	28,68	153,2	0,515	0,971	0,701	0,573
6,5	3.970,8	231,965	11,223	28,08	175,9	0,503	0,969	0,687	0,564
6,0	3.787,2	243,717	11,426	27,48	207,8	0,490	0,966	0,672	0,555
5,5	3.604,1	257,651	11,716	26,86	248,7	0,476	0,963	0,656	0,545
5,0	3.422,1	274,496	12,116	26,22	297,7	0,461	0,960	0,641	0,534
4,5	3.242,3	295,663	12,663	25,57	353,7	0,445	0,956	0,625	0,523
4,0	3.062,7	321,851	13,403	24,88	414,6	0,427	0,951	0,609	0,511
3,5	2.882,6	355,415	14,407	24,16	478,1	0,407	0,945	0,591	0,499
3,0	2.700,4	399,455	15,790	23,38	541,2	0,384	0,938	0,572	0,485
2,5	2.514,6	459,477	17,751	22,50	600,1	0,358	0,927	0,552	0,469
2,0	2.322,5	544,257	20,667	21,48	649,9	0,326	0,917	0,529	0,451
1,5	2.118,9	672,938	25,350	20,25	682,6	0,288	0,901	0,503	0,429
1,0	1.885,8	866,173	33,798	18,56	679,7	0,238	0,885	0,470	0,397



Draft = 4,325 m KML = 304,829 m

Tablas y curvas para un trimado de 3 m

Tabla de Características Hidrostáticas						
Proyecto 1674, Buque Polivalente 20000 TPM						
Trimado = 3 m						
T (m)	Desplazamiento (m^3)	Desplazamiento (T)	$X_{Centro\ de\ Carena}$ (m)	$Z_{Centro\ de\ Carena}$ (m)	Área en la flotación (m^2)	$X_{Centro\ de\ la\ Flotación}$ (m)
11,0	28460,5	29172,0	68,223	6,217	3223,0	65,872
10,5	26705,4	27373,0	73,108	5,900	3.184,3	70,476
10,0	25119,0	25747,0	73,295	5,614	3.146,4	70,576
9,5	23553,2	24142,0	73,491	5,327	3.105,5	70,795
9,0	22009,8	22560,0	73,687	5,040	3.060,7	71,147
8,5	20491,7	21004,0	73,872	4,754	3.009,4	71,709
8,0	19001,0	19476,0	74,032	4,467	2.953,5	72,397
7,5	17540,5	17979,0	74,148	4,183	2.889,9	73,261
7,0	16110,2	16513,0	74,210	3,900	2.829,7	74,046
6,5	14711,2	15079,0	74,206	3,619	2.768,0	74,812
6,0	13343,4	13677,0	74,129	3,340	2.706,4	75,489
5,5	12005,9	12306,0	73,965	3,063	2.642,5	76,106
5,0	10701,5	10969,0	73,694	2,788	2.576,2	76,651
4,5	9430,2	9666,0	73,293	2,515	2.506,8	77,048
4,0	8195,1	8400,0	72,738	2,246	2.434,2	77,272
3,5	6998,0	7173,0	71,991	1,979	2.357,5	77,291
3,0	5839,0	5985,0	70,996	1,717	2.275,0	77,083
2,5	4724,9	4843,0	69,658	1,459	2.182,9	76,590
2,0	3659,5	3751,0	67,807	1,207	2.077,1	75,758
1,5	2651,7	2718,0	65,112	0,966	1.944,5	74,247
1,0	1725,9	1769,0	61,094	0,738	1.744,5	70,974

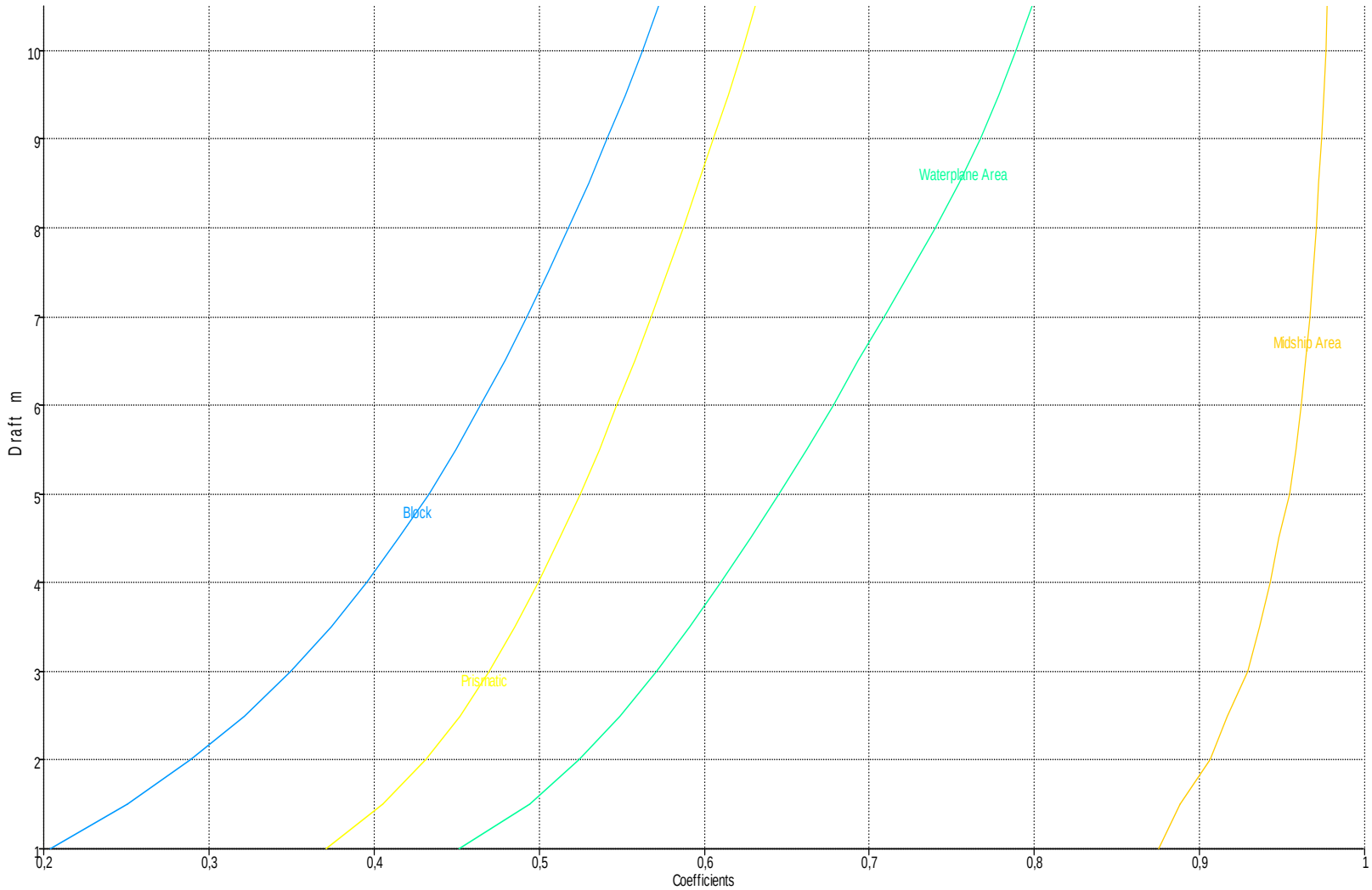
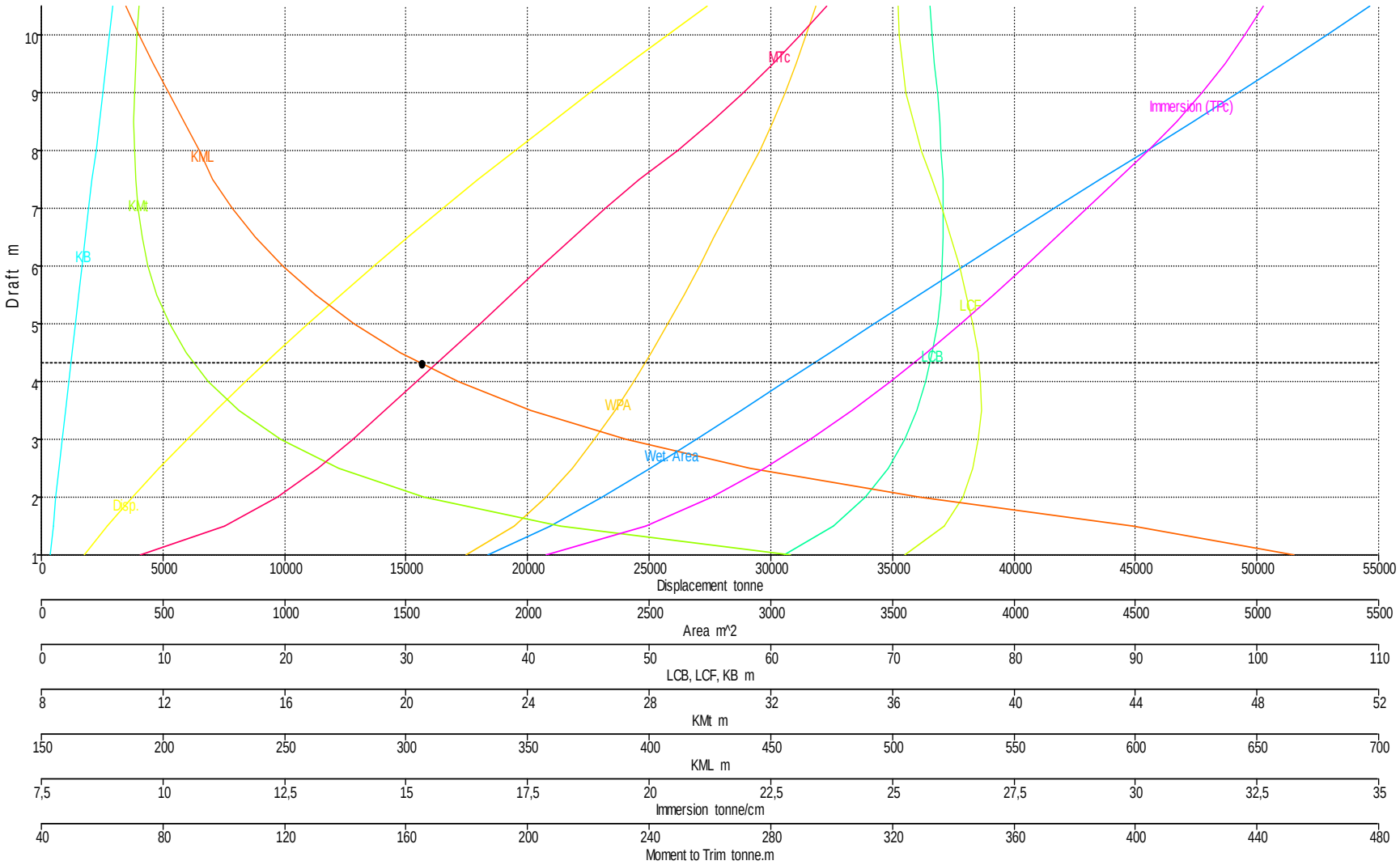
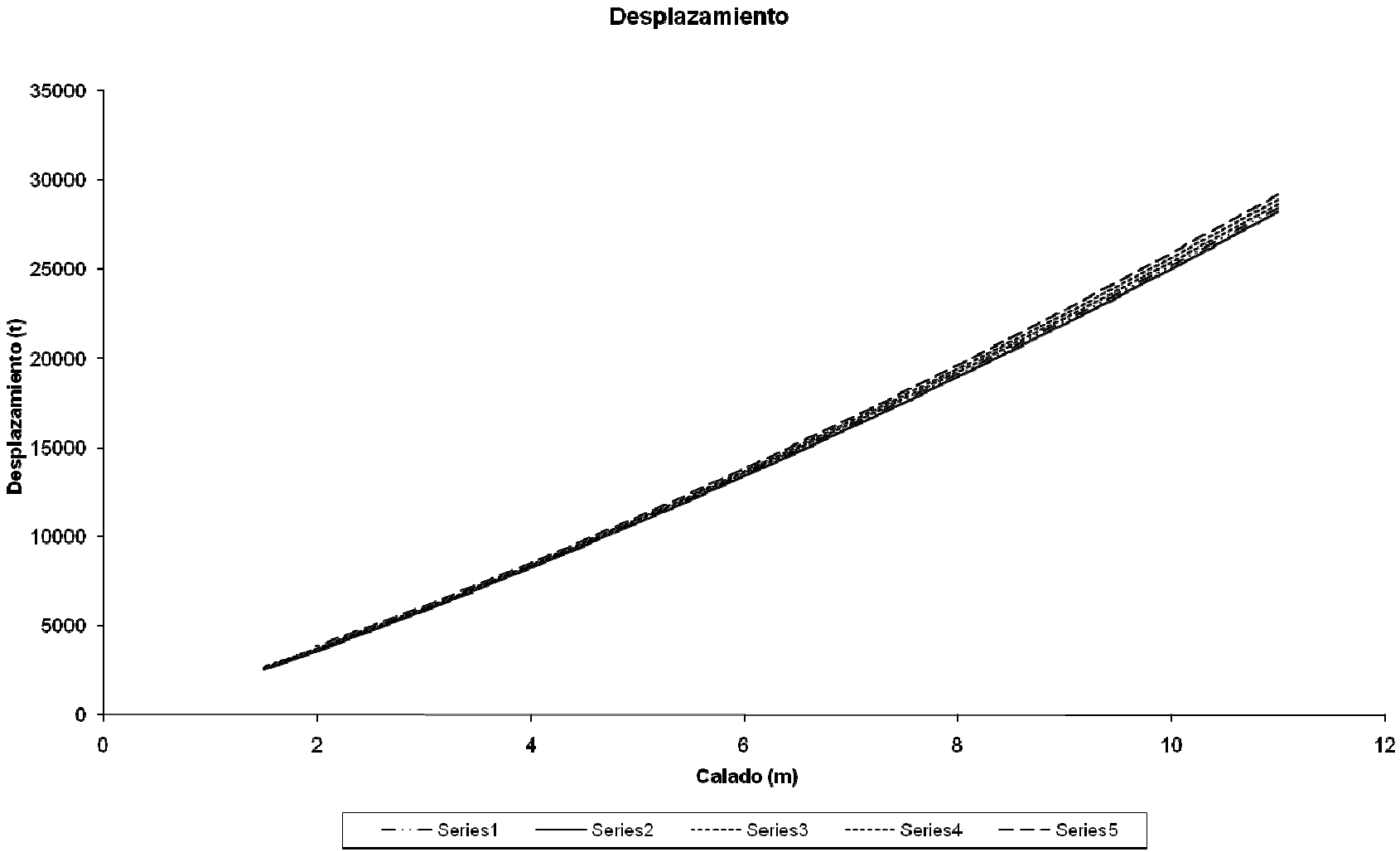

Draft m
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1
Coefficients
Block
Prismatic
Waterplane Area
Midship Area

Tabla de Características Hidrostáticas									
Proyecto 1674, Buque Polivalente 20000 TPM									
Trimado = 3 m									
T (m)	Superficie mojada (m^2)	KML (m)	KMT (m)	Toneladas por cm de inmersión	Momento para trimar un cm (t·cm)	CB	CM	CF	CP
11,0	5658,8	178,9	11,316	33,036	316,7	0,599	0,979	0,832	0,658
10,5	5.465,5	184,527	11,222	32,64	285,5	0,573	0,977	0,798	0,631
10,0	5.287,1	190,074	11,155	32,25	240,0	0,563	0,976	0,789	0,623
9,5	5.106,5	196,047	11,101	31,83	204,0	0,552	0,975	0,778	0,614
9,0	4.923,6	202,293	11,064	31,37	177,4	0,541	0,974	0,767	0,606
8,5	4.735,5	208,448	11,046	30,85	159,7	0,530	0,972	0,754	0,597
8,0	4.546,1	214,802	11,052	30,27	151,2	0,518	0,971	0,740	0,587
7,5	4.352,9	220,576	11,091	29,62	152,8	0,506	0,969	0,724	0,578
7,0	4.164,9	228,657	11,175	29,01	164,8	0,493	0,967	0,709	0,568
6,5	3.977,7	237,966	11,313	28,37	186,9	0,479	0,964	0,694	0,558
6,0	3.793,1	249,417	11,518	27,74	218,1	0,465	0,961	0,678	0,547
5,5	3.608,5	262,749	11,808	27,09	257,7	0,449	0,958	0,662	0,536
5,0	3.425,2	278,779	12,208	26,41	305,3	0,433	0,955	0,645	0,525
4,5	3.241,9	297,764	12,752	25,69	359,7	0,415	0,948	0,628	0,513
4,0	3.059,4	321,338	13,489	24,95	419,1	0,396	0,943	0,610	0,500
3,5	2.876,8	351,241	14,486	24,17	480,9	0,374	0,936	0,591	0,485
3,0	2.692,2	390,281	15,854	23,32	542,2	0,350	0,929	0,571	0,470
2,5	2.503,0	441,539	17,779	22,38	599,3	0,322	0,917	0,549	0,452
2,0	2.306,8	511,294	20,612	21,29	647,3	0,289	0,906	0,524	0,431
1,5	2.094,8	599,108	25,072	19,93	678,3	0,250	0,888	0,494	0,406
1,0	1.834,6	665,155	32,649	17,88	673,2	0,204	0,875	0,451	0,371

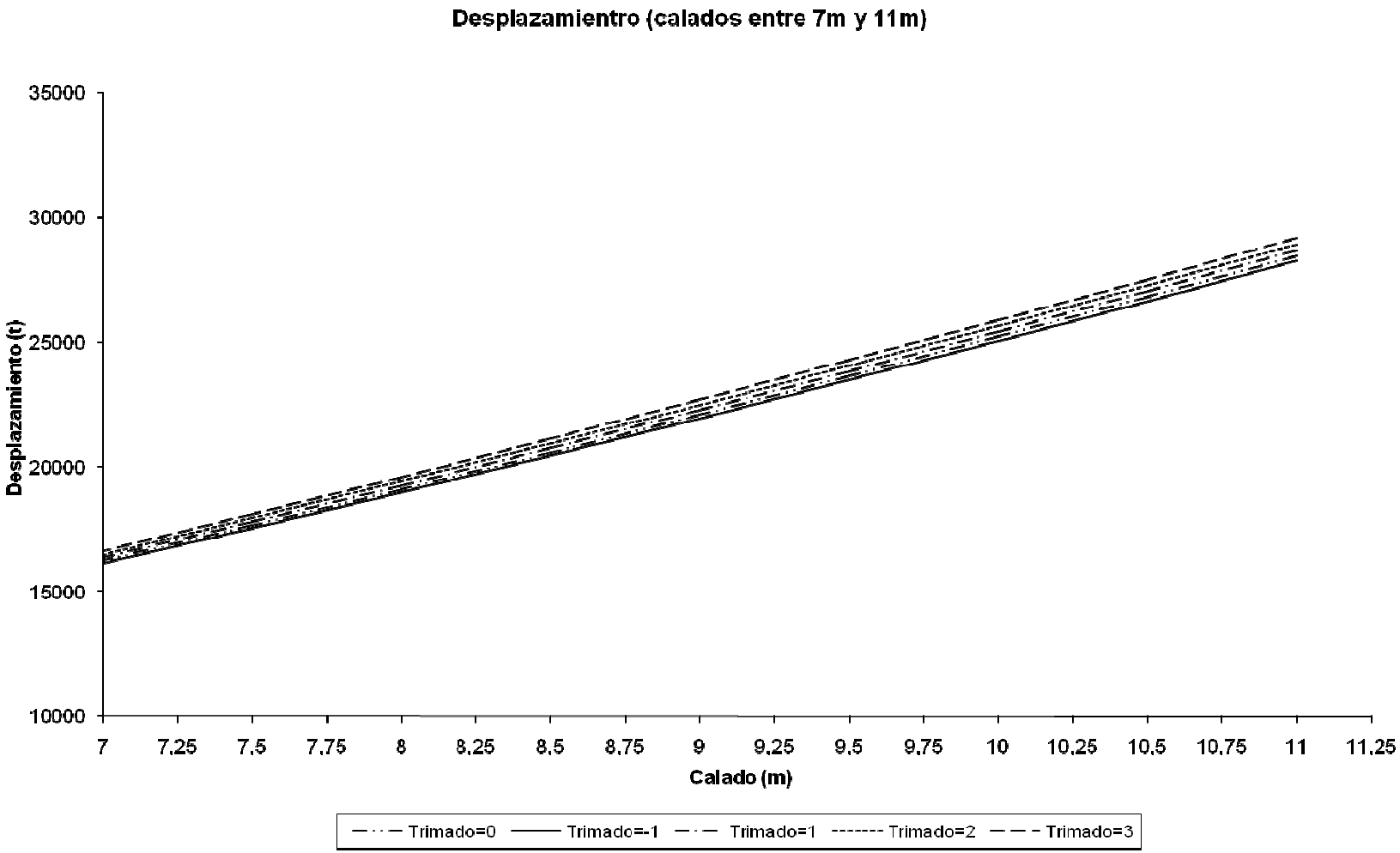


Draft = 4,325 m KML = 306,015 m

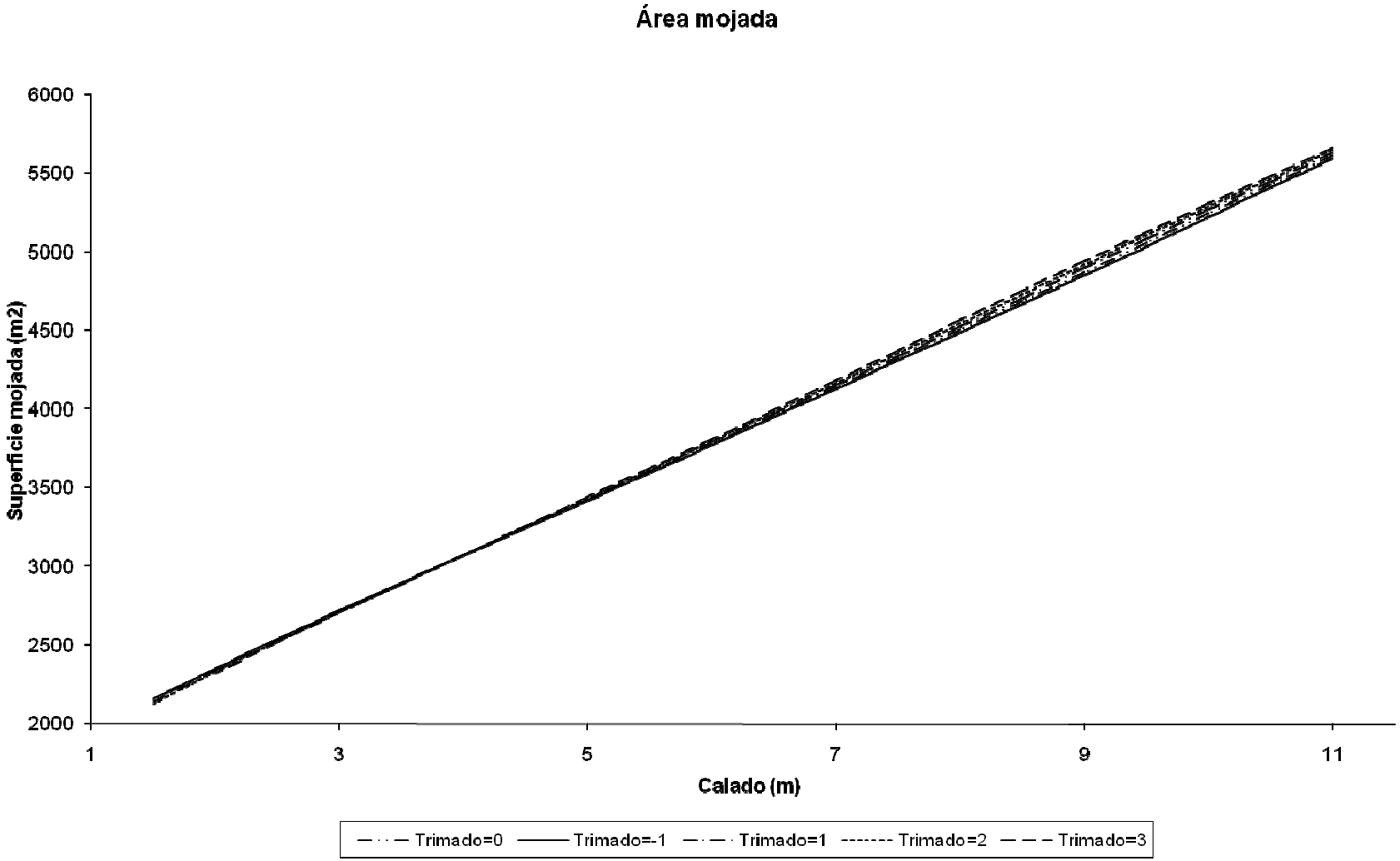
Desplazamiento



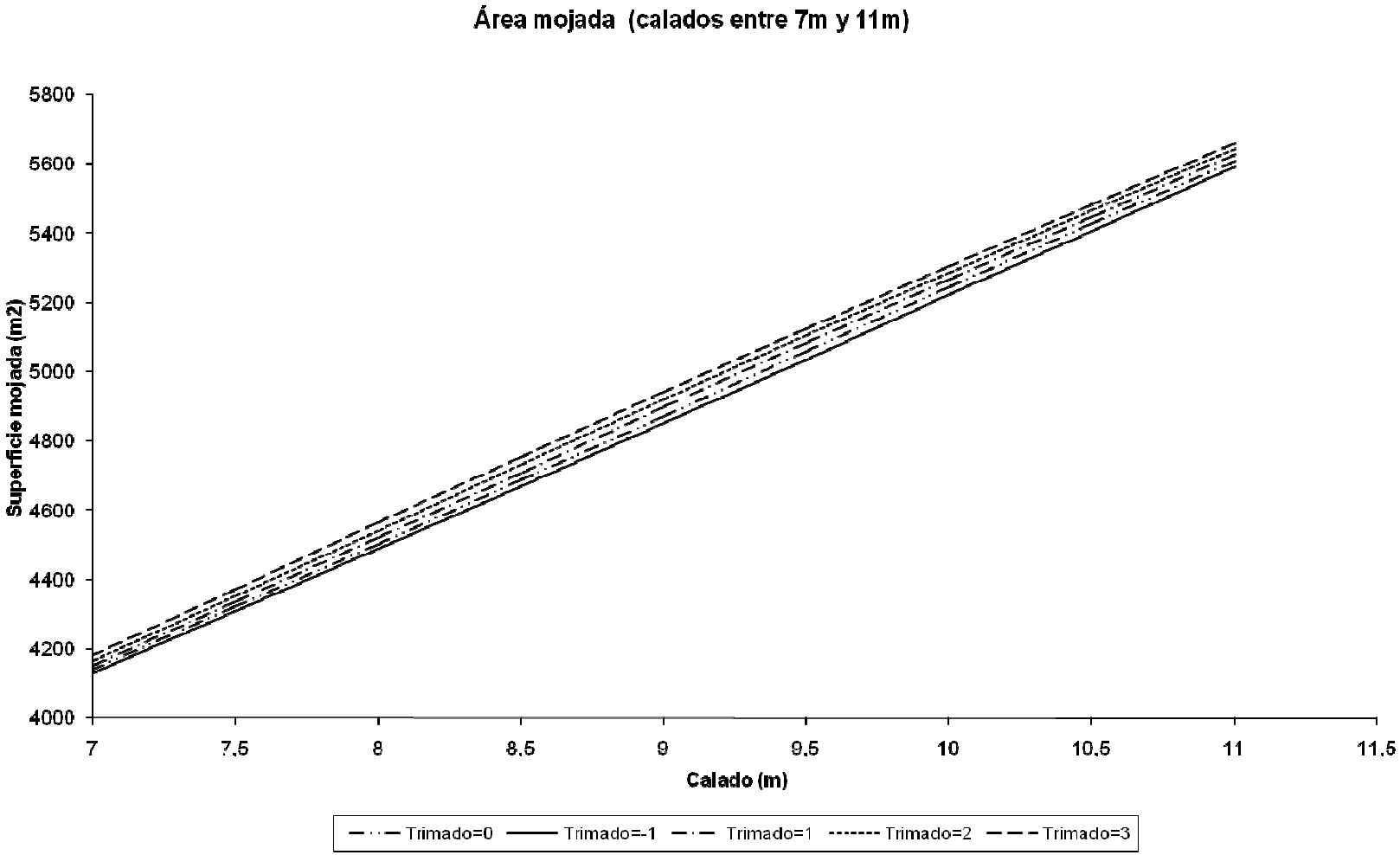
Desplazamiento, calados entre 7 y 11 metros



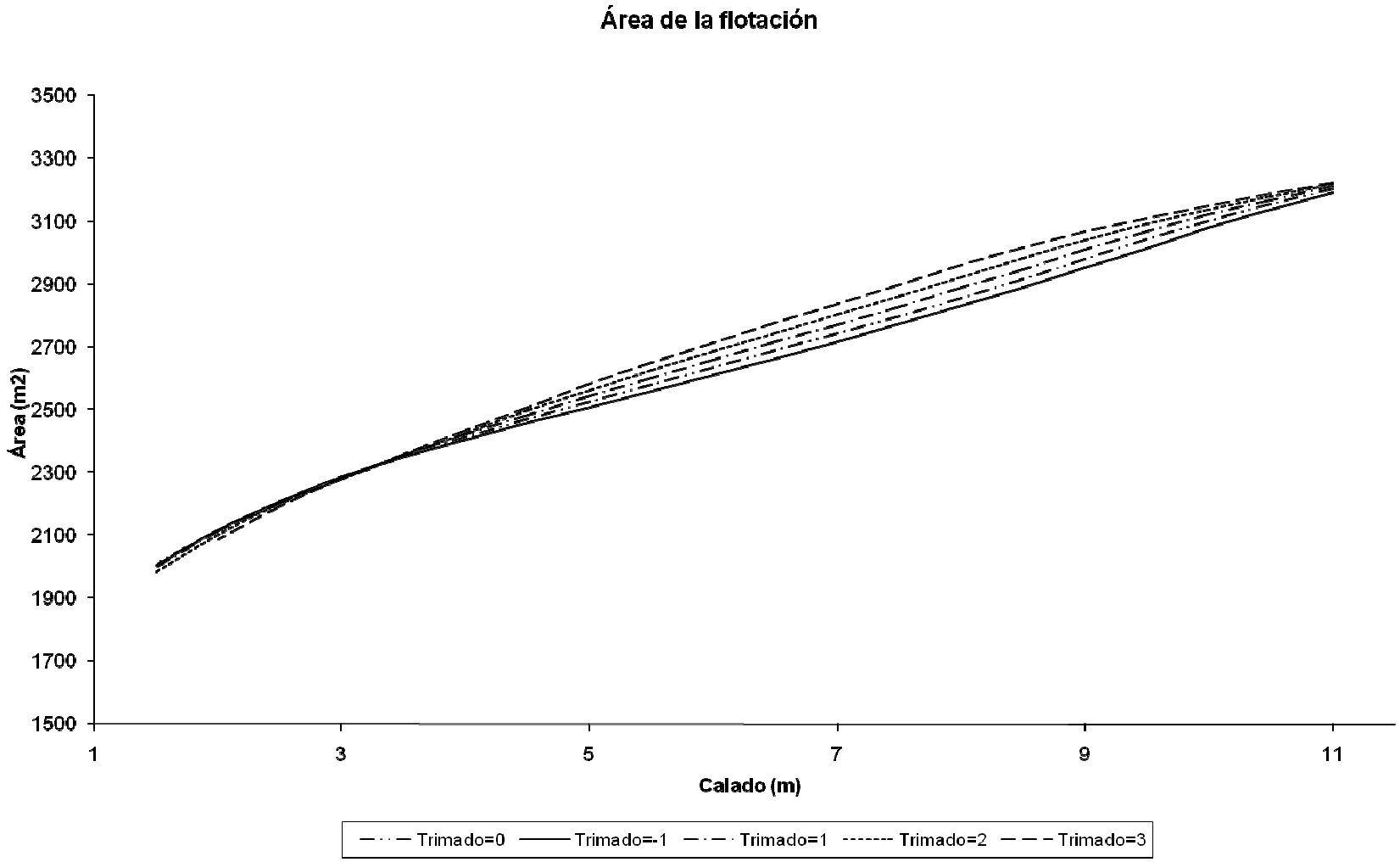
Superficie mojada



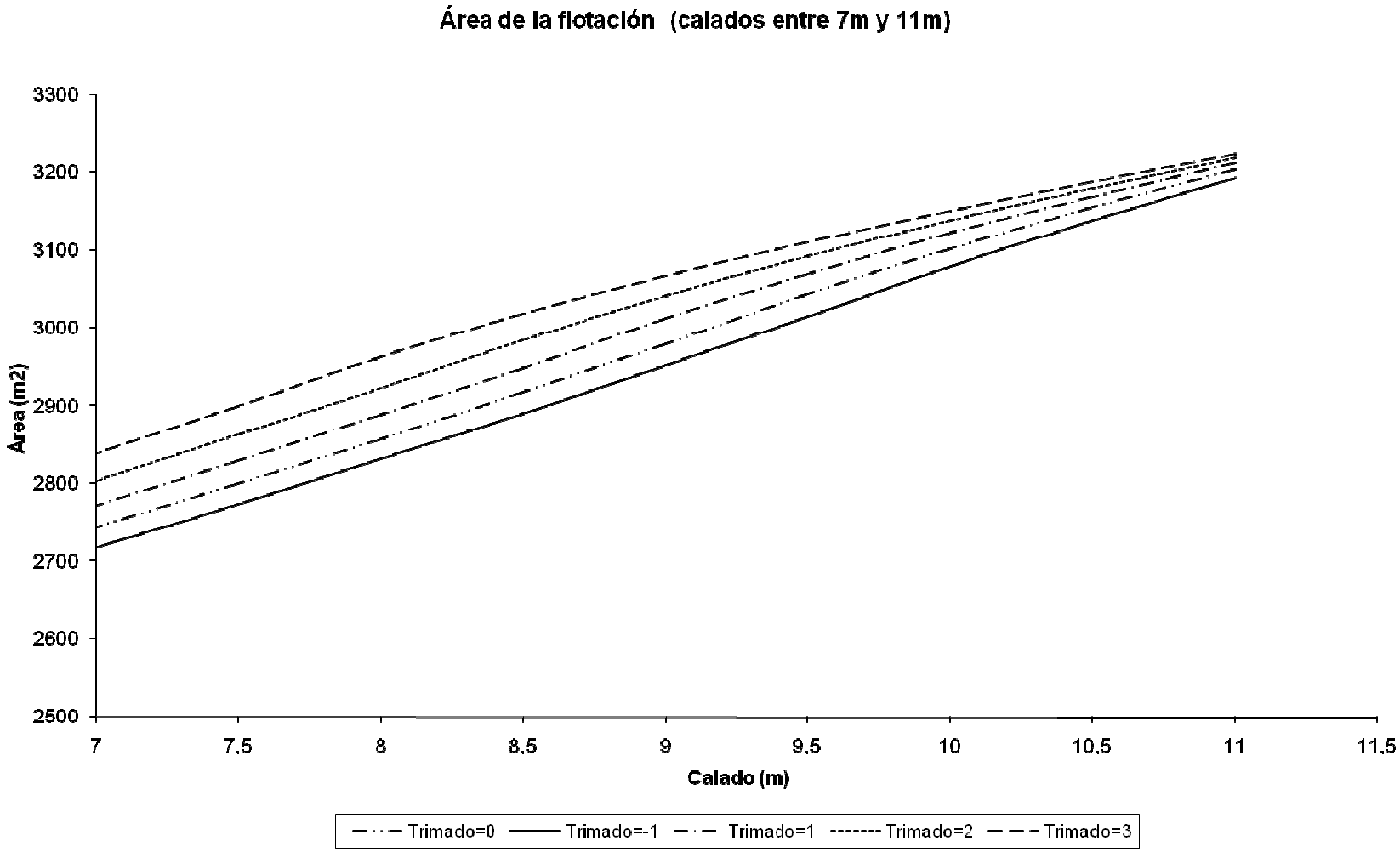
Superficie mojada, calados entre 7 y 11 metros



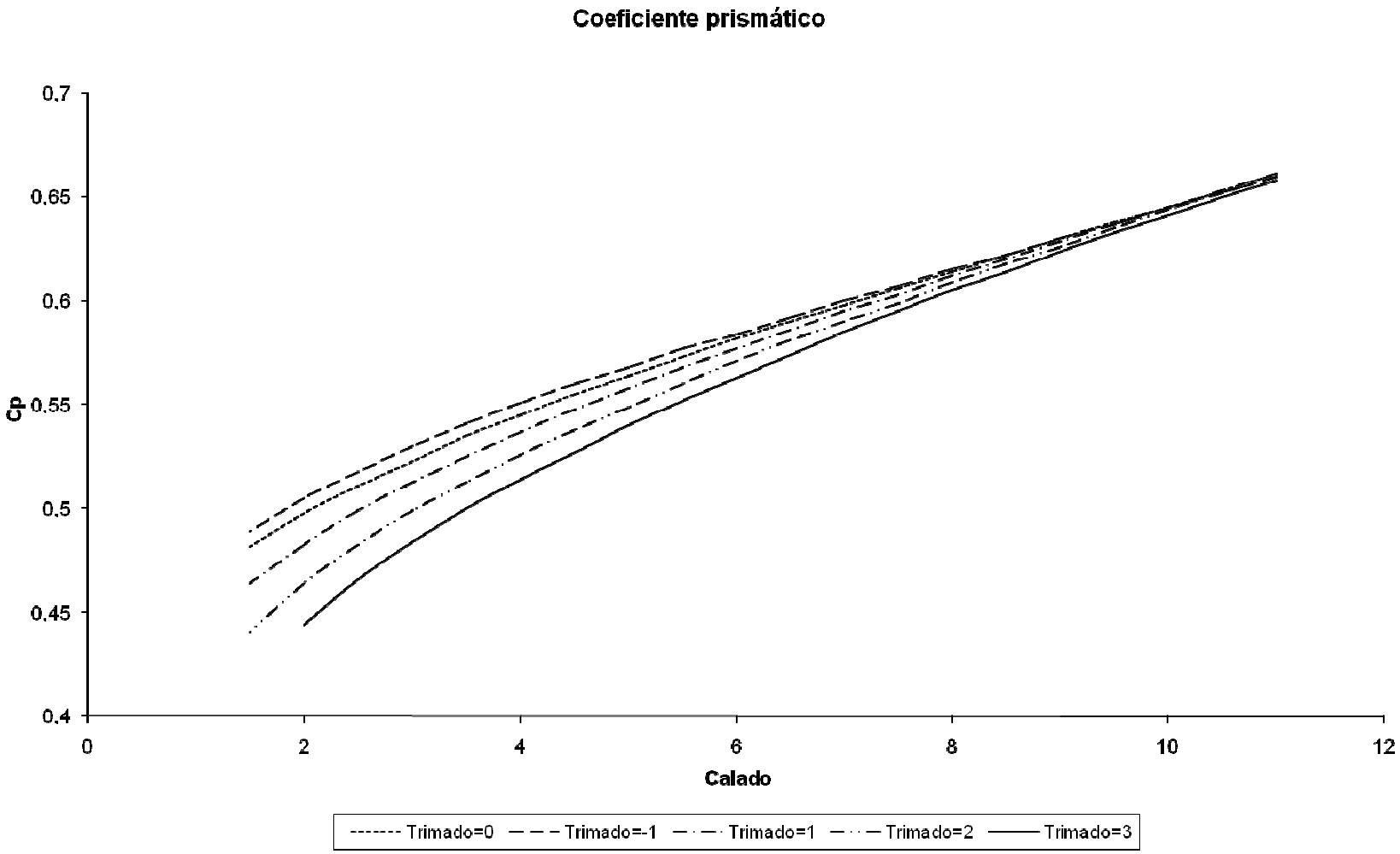
Área de la flotación



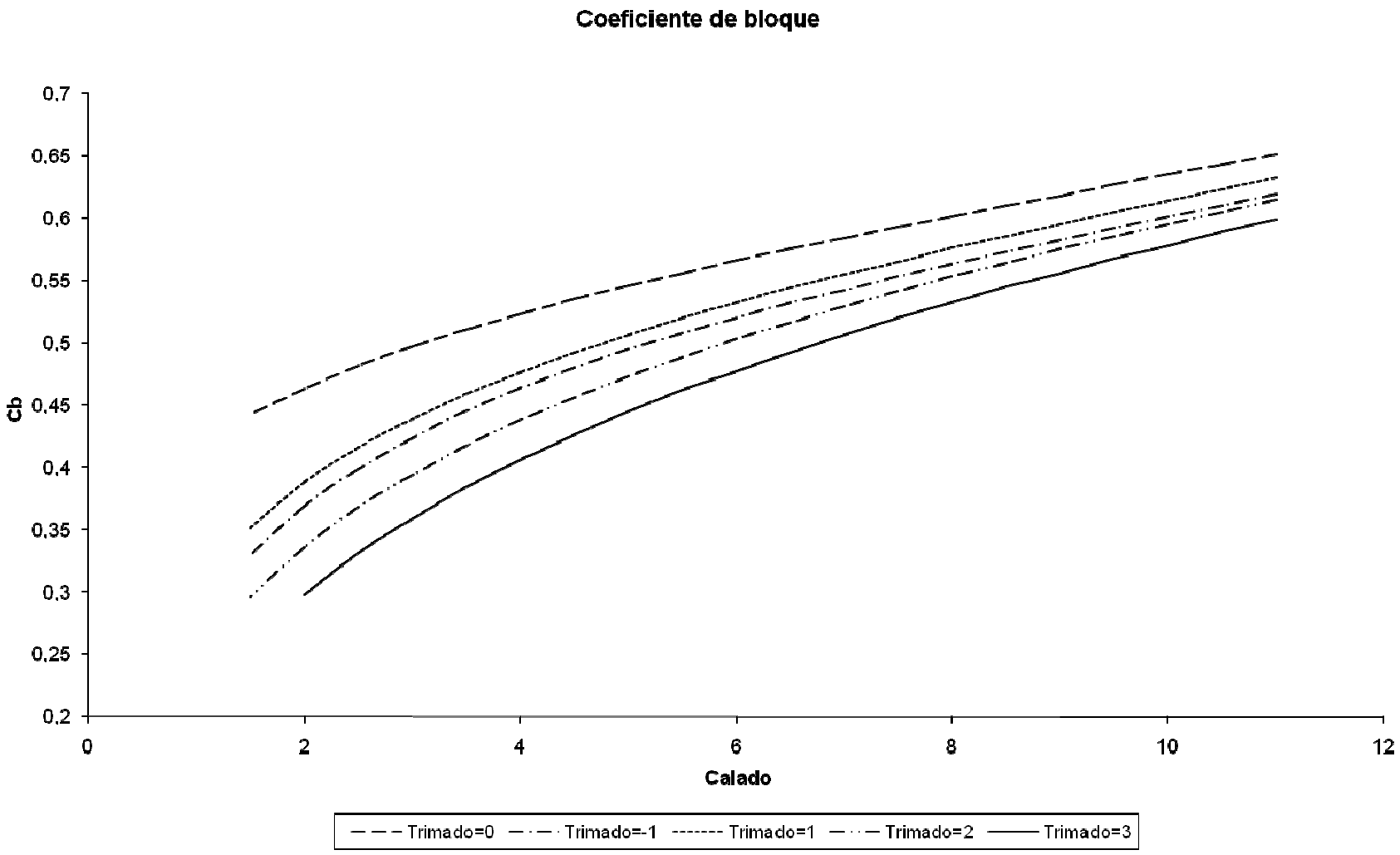
Área de la flotación, calados entre 7 y 11 metros



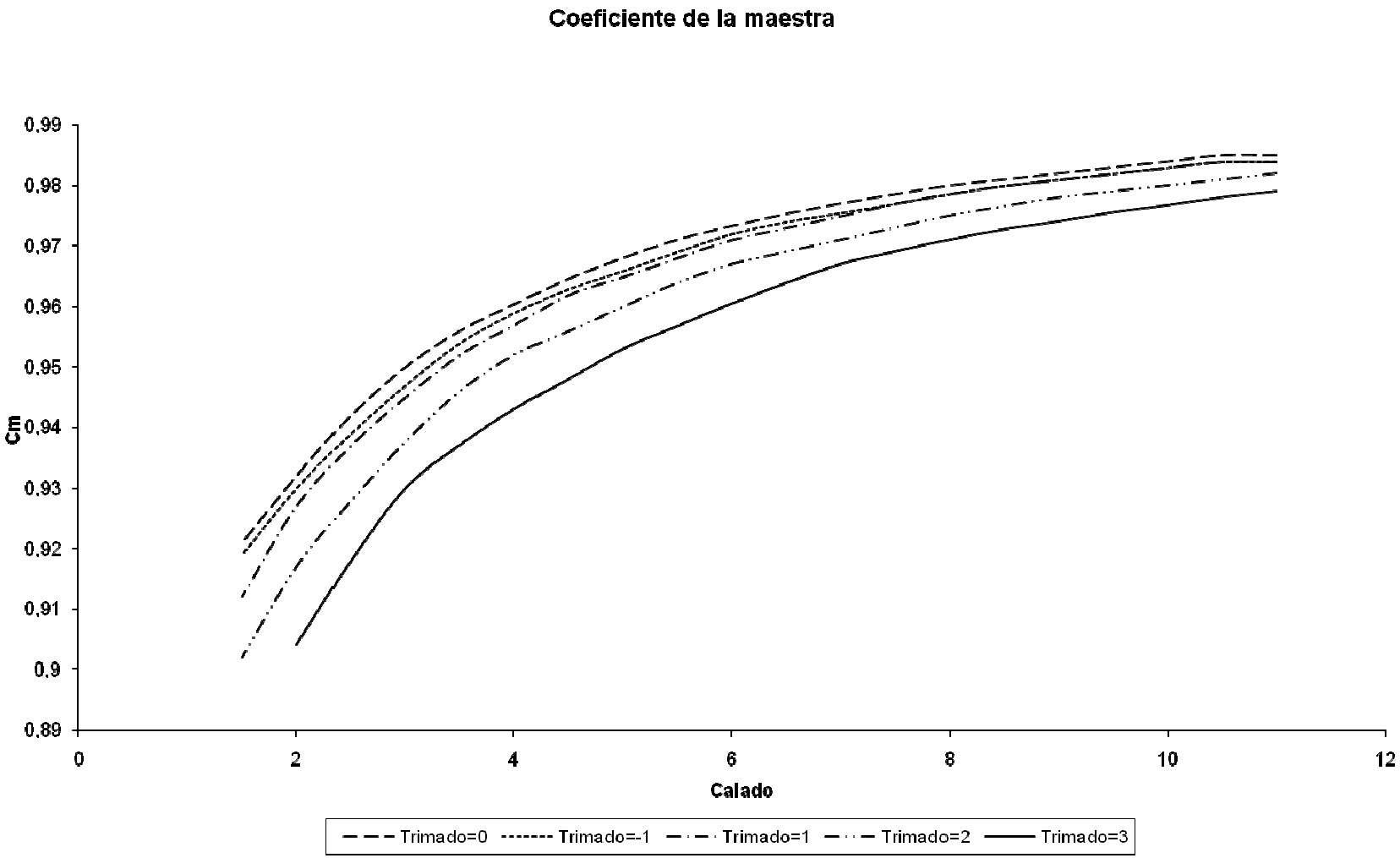
Coeficiente prismático



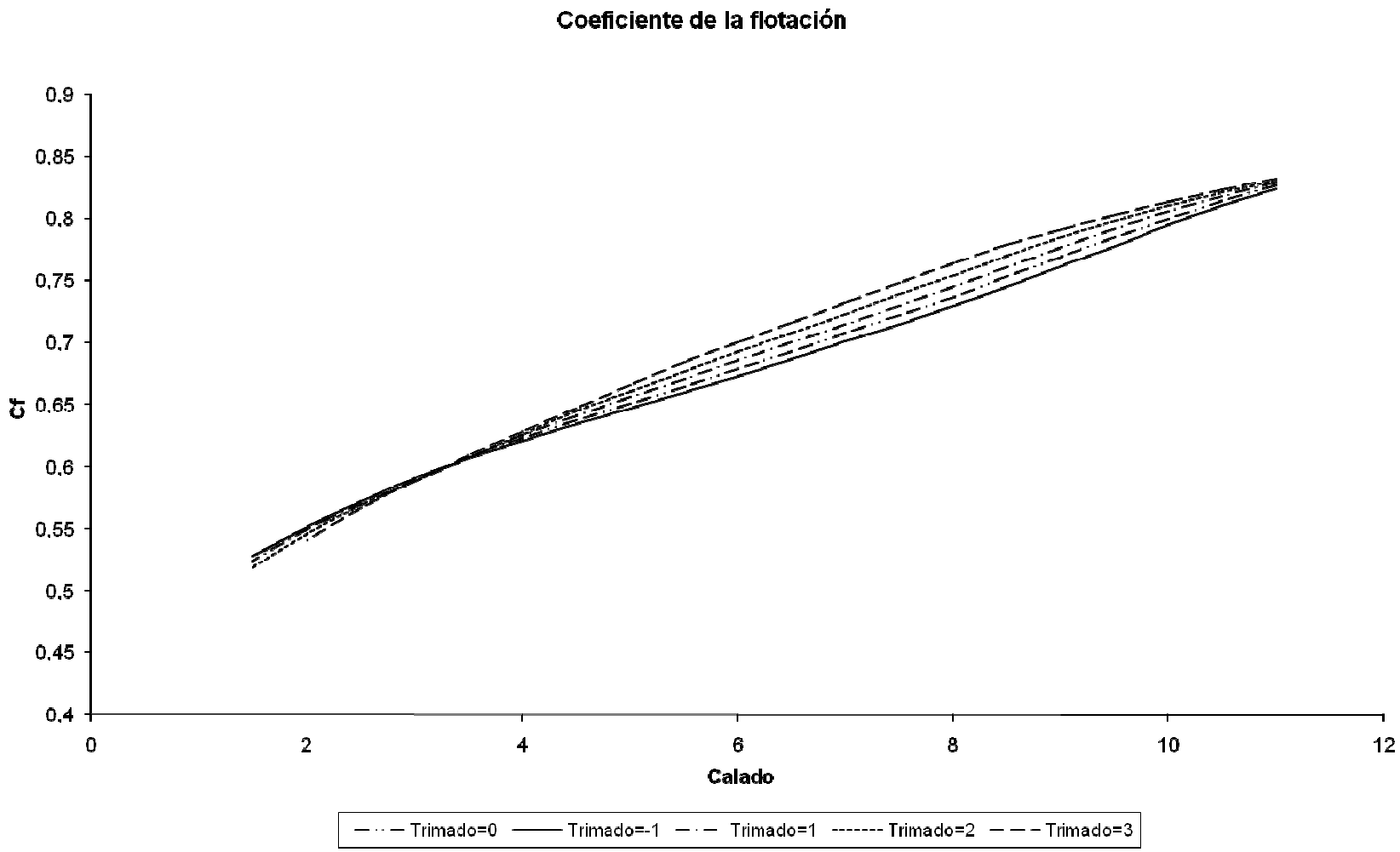
Coeficiente de bloque



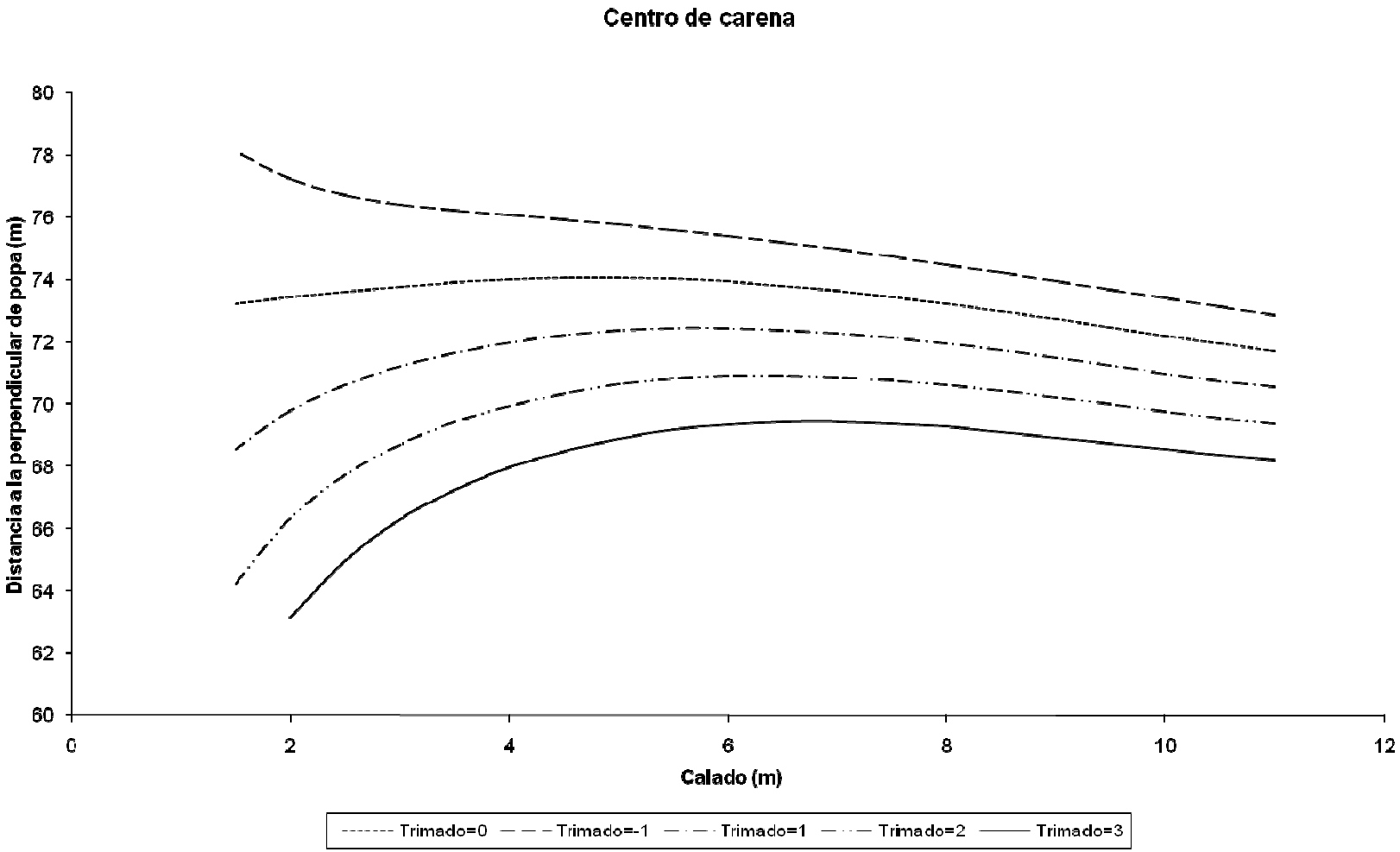
Coeficiente de la maestra



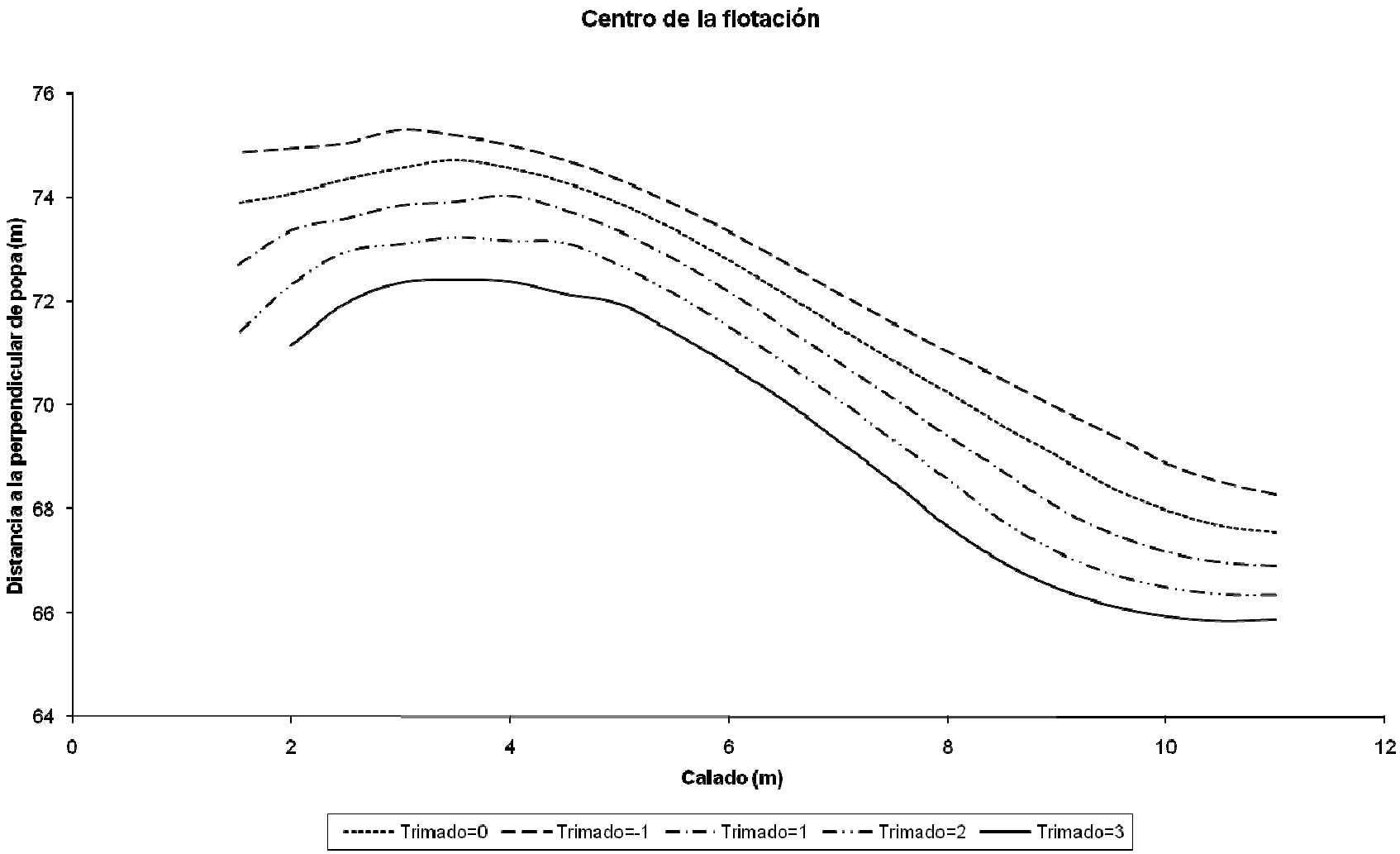
Coeficiente de la flotación



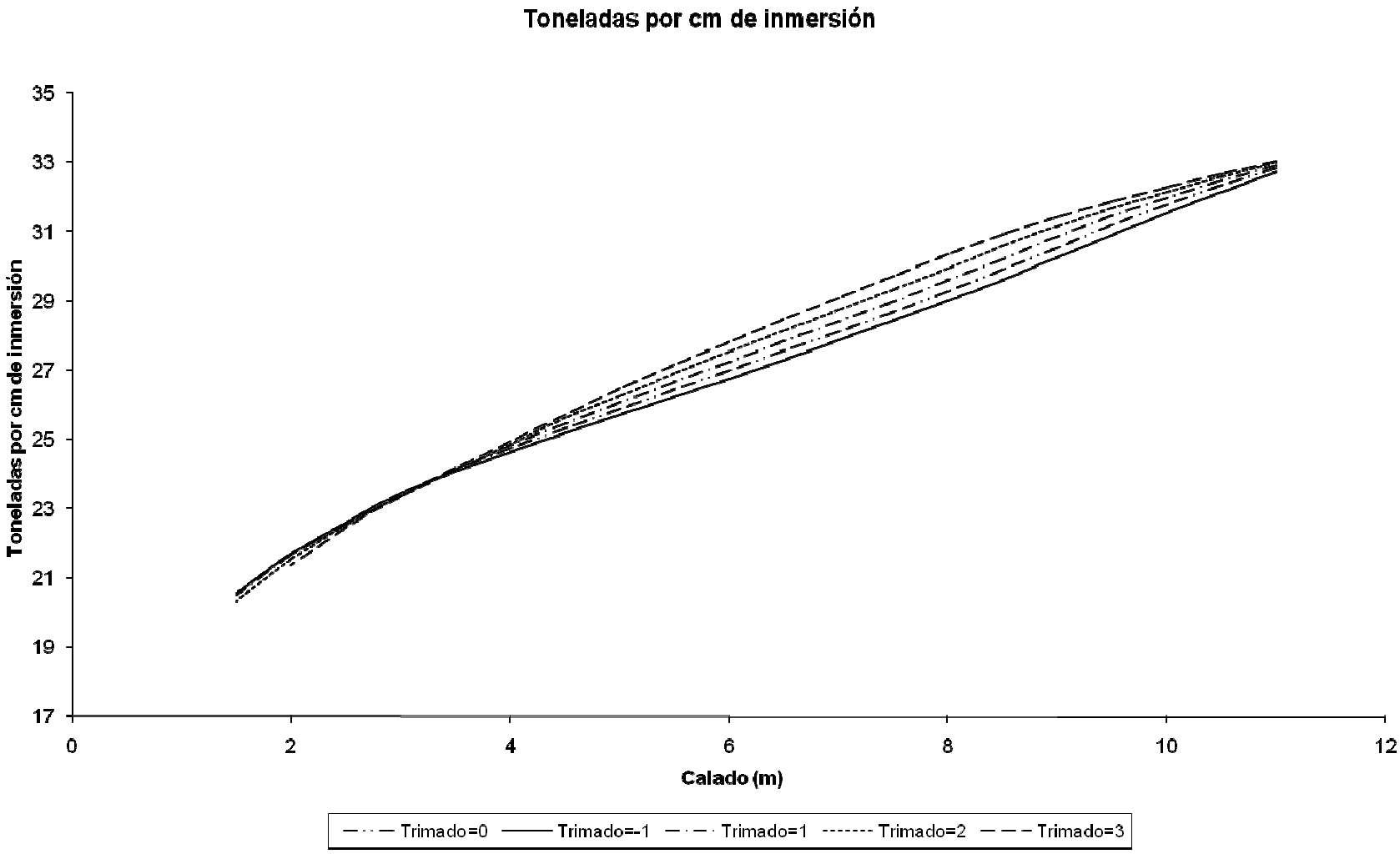
Centro de carena.



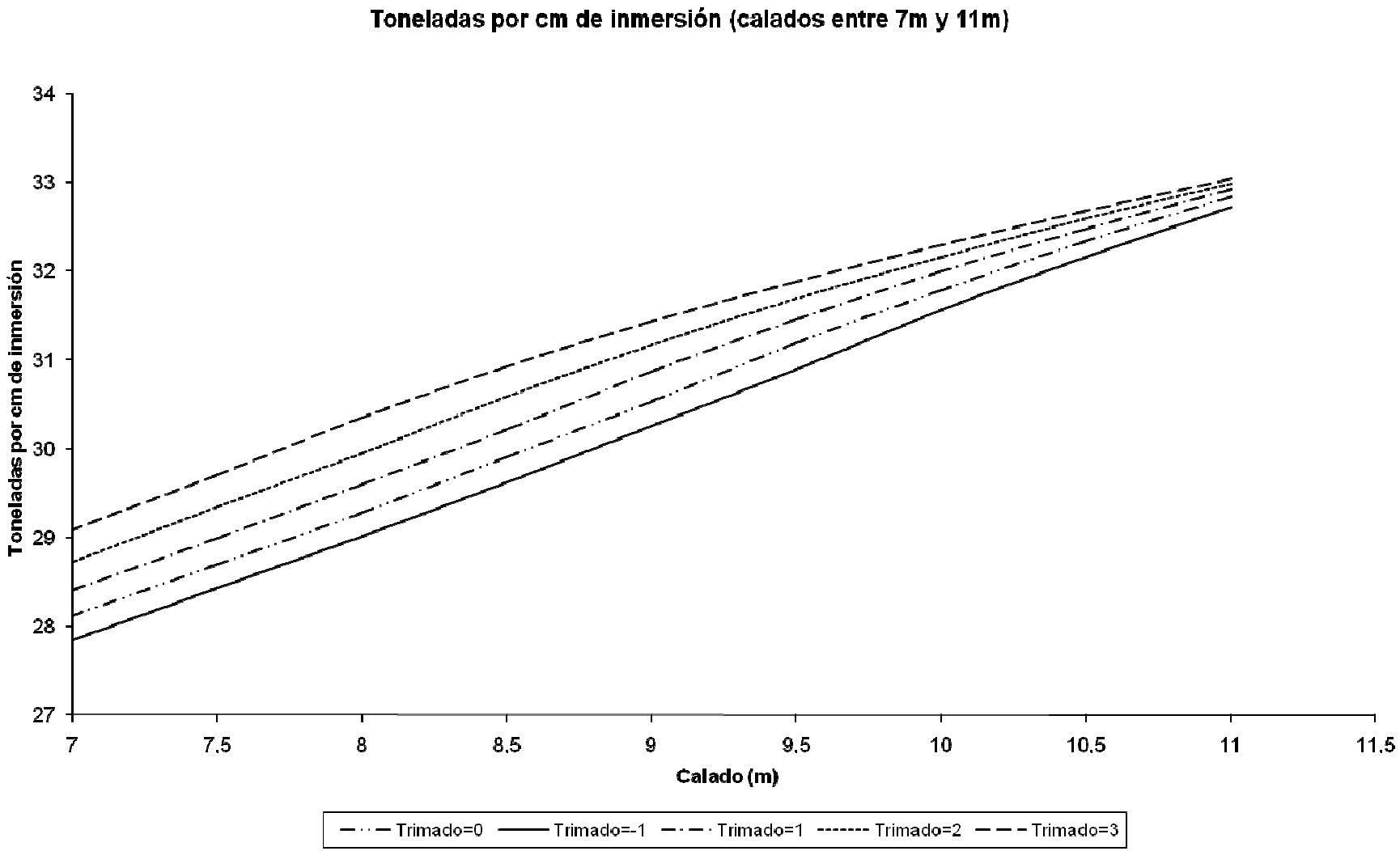
Centro de flotación.



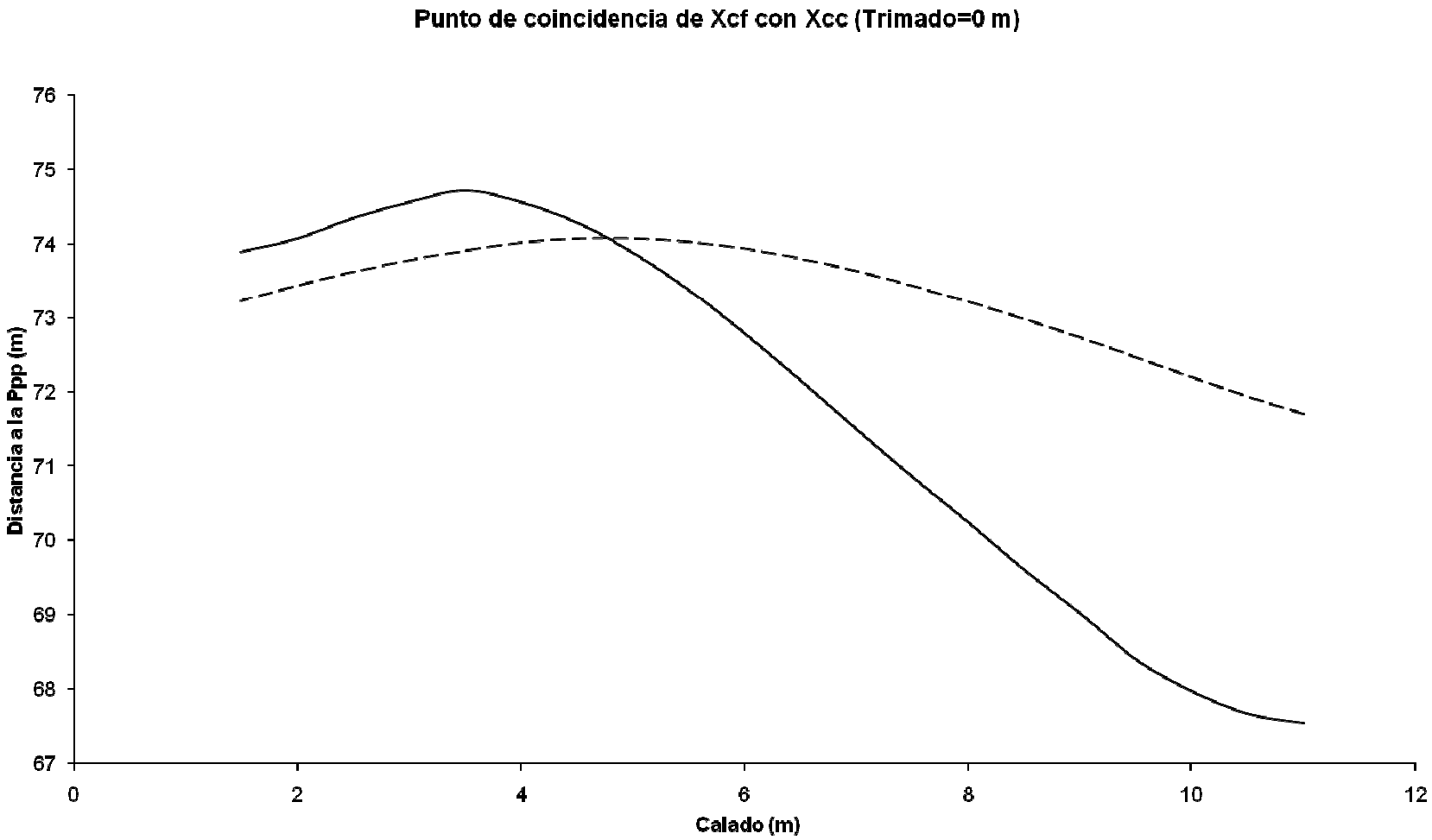
Toneladas por centímetro de inmersión.



Toneladas por centímetro de inmersión calado entre 7 y 11 metros.



Coincidencia de Xcf y Xcc.



ANEXO II:

TABLAS Y CURVAS DE BRAZOS DE ADRIZAMIENTO

Tabla de Curvas KN

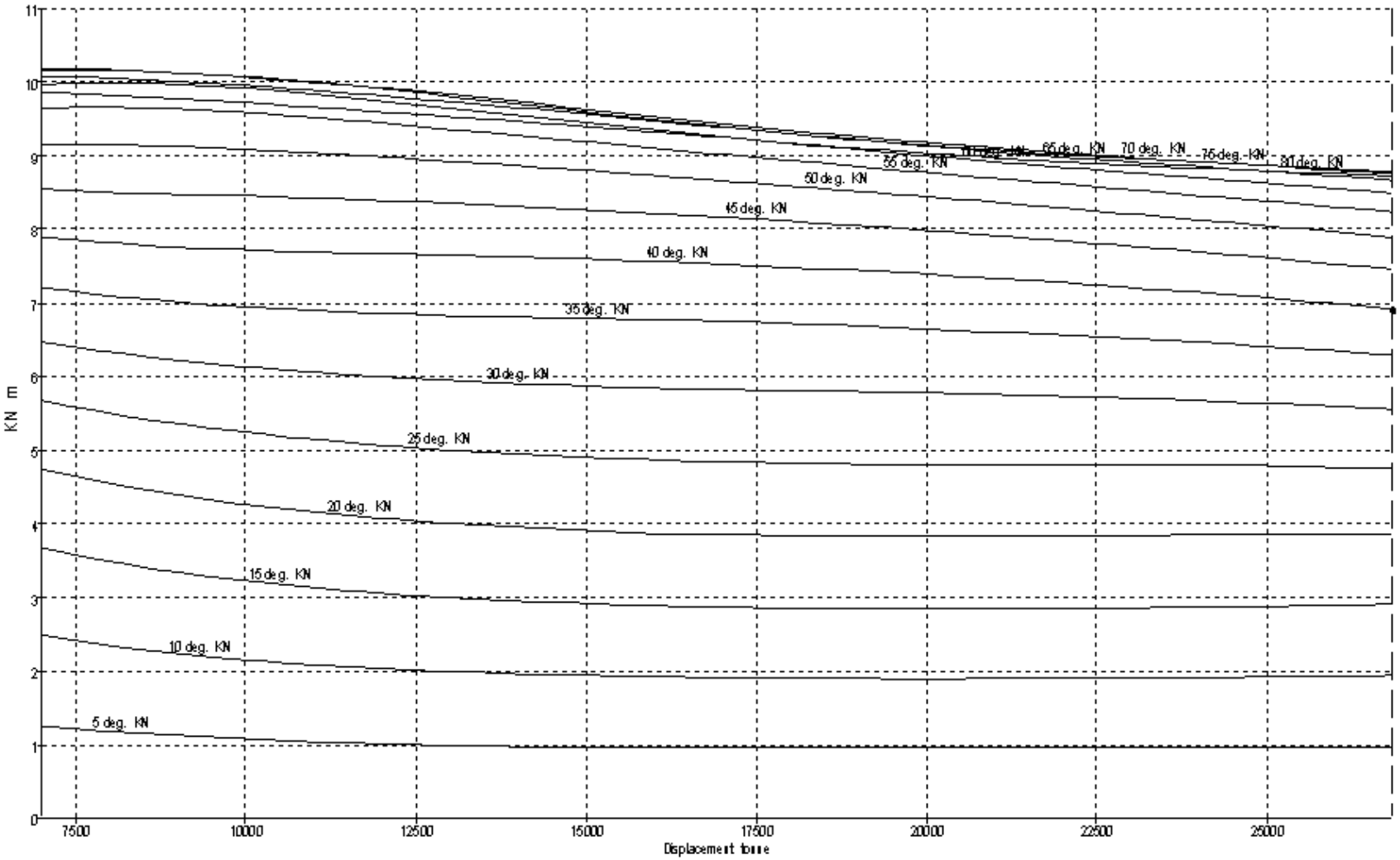
Proyecto 1674, Buque Polivalente 20000 TPM

Desplazamiento (T)	5°	10°	15º	20°	25°	30°	35°	40°	45º	50°	55°	60º	65°	70°	75º	80º
26.841	0,967	1,936	2,907	3,873	4,754	5,568	6,298	6,928	7,459	7,896	8,241	8,499	8,674	8,769	8,788	8,735
26.436	0,965	1,932	2,902	3,872	4,763	5,584	6,324	6,961	7,494	7,931	8,274	8,528	8,699	8,790	8,805	8,747
26.031	0,963	1,928	2,896	3,869	4,771	5,599	6,349	6,992	7,528	7,965	8,306	8,557	8,724	8,812	8,822	8,760
25.626	0,961	1,924	2,891	3,865	4,778	5,614	6,374	7,024	7,562	7,998	8,337	8,586	8,750	8,833	8,840	8,774
25.221	0,960	1,921	2,886	3,859	4,785	5,629	6,398	7,055	7,596	8,031	8,369	8,615	8,775	8,855	8,857	8,787
24.816	0,958	1,917	2,881	3,853	4,792	5,643	6,422	7,085	7,629	8,065	8,401	8,644	8,801	8,877	8,876	8,802
24.411	0,956	1,914	2,877	3,848	4,797	5,657	6,445	7,115	7,663	8,098	8,432	8,673	8,827	8,899	8,894	8,816
24.007	0,954	1,911	2,873	3,843	4,801	5,671	6,467	7,144	7,695	8,131	8,464	8,702	8,853	8,921	8,913	8,832
23.602	0,953	1,908	2,869	3,838	4,804	5,685	6,488	7,172	7,728	8,163	8,495	8,731	8,879	8,944	8,933	8,848
23.197	0,952	1,906	2,865	3,834	4,806	5,698	6,509	7,200	7,759	8,196	8,526	8,761	8,905	8,968	8,953	8,866
22.792	0,950	1,903	2,862	3,831	4,807	5,710	6,528	7,227	7,791	8,228	8,557	8,790	8,932	8,992	8,974	8,884
22.387	0,949	1,901	2,859	3,828	4,807	5,722	6,547	7,254	7,821	8,260	8,589	8,820	8,960	9,017	8,996	8,904
21.982	0,948	1,899	2,857	3,825	4,807	5,735	6,565	7,280	7,851	8,292	8,620	8,849	8,988	9,043	9,020	8,924
21.577	0,947	1,898	2,855	3,823	4,805	5,746	6,583	7,305	7,881	8,324	8,652	8,880	9,017	9,069	9,044	8,946
21.172	0,946	1,896	2,853	3,821	4,804	5,756	6,600	7,329	7,909	8,355	8,683	8,910	9,046	9,097	9,069	8,968
20.767	0,946	1,895	2,852	3,820	4,804	5,766	6,617	7,352	7,938	8,386	8,715	8,942	9,077	9,125	9,095	8,992
20.362	0,945	1,895	2,852	3,820	4,804	5,775	6,634	7,375	7,965	8,417	8,748	8,974	9,107	9,155	9,123	9,016
19.957	0,945	1,894	2,852	3,821	4,805	5,784	6,650	7,396	7,992	8,448	8,780	9,006	9,139	9,186	9,152	9,042
19.552	0,945	1,895	2,852	3,822	4,807	5,791	6,666	7,417	8,019	8,478	8,813	9,039	9,172	9,217	9,181	9,068
19.148	0,946	1,895	2,854	3,824	4,809	5,798	6,682	7,436	8,045	8,508	8,846	9,073	9,205	9,250	9,212	9,095
18.743	0,946	1,896	2,855	3,827	4,813	5,804	6,696	7,455	8,070	8,538	8,879	9,108	9,240	9,283	9,243	9,123
18.338	0,947	1,898	2,858	3,831	4,818	5,809	6,710	7,473	8,094	8,567	8,912	9,143	9,275	9,318	9,276	9,152
17.933	0,948	1,900	2,862	3,836	4,824	5,813	6,724	7,490	8,118	8,597	8,945	9,179	9,311	9,353	9,309	9,181
17.528	0,949	1,903	2,866	3,842	4,831	5,818	6,736	7,506	8,141	8,626	8,979	9,216	9,349	9,390	9,343	9,211
17.123	0,951	1,906	2,871	3,849	4,839	5,824	6,748	7,523	8,164	8,655	9,013	9,253	9,387	9,427	9,378	9,241
16.718	0,953	1,911	2,877	3,857	4,848	5,830	6,759	7,539	8,185	8,683	9,047	9,290	9,426	9,465	9,413	9,272

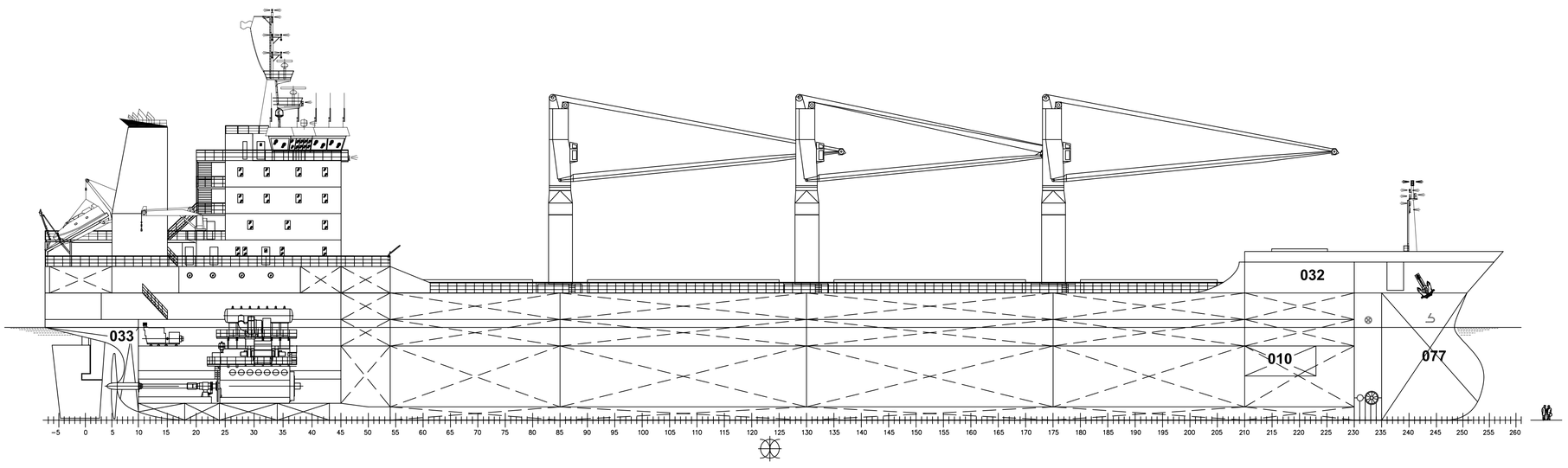
Tabla de Curvas KN

Proyecto 1674, Buque Polivalente 20000 TPM

Desplazamiento (T)	5°	10°	15º	20°	25°	30°	35°	40°	45º	50°	55°	60º	65°	70°	75º	80º
16.313	0,955	1,915	2,884	3,866	4,859	5,838	6,770	7,555	8,206	8,712	9,081	9,329	9,466	9,504	9,449	9,303
15.908	0,958	1,921	2,893	3,877	4,870	5,847	6,779	7,570	8,226	8,740	9,115	9,367	9,507	9,544	9,486	9,333
15.503	0,961	1,928	2,903	3,890	4,883	5,857	6,787	7,584	8,246	8,768	9,150	9,406	9,548	9,585	9,523	9,363
15.098	0,965	1,935	2,914	3,903	4,897	5,868	6,793	7,598	8,264	8,795	9,184	9,446	9,590	9,626	9,560	9,391
14.693	0,969	1,943	2,926	3,919	4,913	5,880	6,799	7,611	8,281	8,822	9,219	9,486	9,633	9,668	9,596	9,419
14.289	0,974	1,953	2,940	3,937	4,930	5,894	6,805	7,624	8,299	8,849	9,254	9,526	9,676	9,709	9,631	9,447
13.884	0,979	1,964	2,956	3,956	4,949	5,909	6,812	7,636	8,317	8,875	9,288	9,566	9,719	9,751	9,665	9,475
13.479	0,986	1,975	2,973	3,977	4,970	5,925	6,821	7,646	8,334	8,901	9,323	9,607	9,762	9,792	9,699	9,502
13.074	0,992	1,989	2,992	4,001	4,993	5,942	6,830	7,656	8,351	8,926	9,357	9,647	9,804	9,831	9,732	9,529
12.669	1,000	2,003	3,014	4,027	5,018	5,961	6,841	7,665	8,367	8,950	9,391	9,687	9,846	9,868	9,764	9,556
12.264	1,008	2,020	3,038	4,055	5,045	5,982	6,853	7,672	8,384	8,973	9,424	9,726	9,887	9,904	9,796	9,583
11.859	1,017	2,038	3,064	4,086	5,074	6,004	6,866	7,679	8,399	8,994	9,457	9,765	9,926	9,939	9,828	9,609
11.454	1,028	2,058	3,093	4,119	5,106	6,029	6,881	7,685	8,415	9,015	9,488	9,803	9,962	9,972	9,858	9,635
11.049	1,039	2,081	3,124	4,155	5,141	6,055	6,898	7,693	8,429	9,036	9,519	9,839	9,995	10,004	9,887	9,661
10.644	1,052	2,105	3,159	4,195	5,178	6,083	6,917	7,703	8,443	9,056	9,548	9,873	10,027	10,034	9,915	9,686
10.239	1,066	2,133	3,198	4,238	5,218	6,114	6,938	7,714	8,455	9,076	9,575	9,904	10,056	10,063	9,942	9,711
9.834	1,081	2,163	3,240	4,284	5,261	6,148	6,961	7,728	8,465	9,095	9,599	9,930	10,082	10,089	9,968	9,734
9.430	1,099	2,196	3,286	4,335	5,308	6,184	6,987	7,743	8,473	9,113	9,620	9,952	10,106	10,113	9,992	9,757
9.025	1,118	2,233	3,336	4,390	5,357	6,223	7,015	7,761	8,481	9,129	9,636	9,970	10,126	10,134	10,014	9,780
8.620	1,139	2,274	3,391	4,449	5,410	6,266	7,048	7,782	8,489	9,142	9,647	9,983	10,143	10,153	10,034	9,801
8.215	1,162	2,320	3,451	4,514	5,468	6,313	7,083	7,806	8,500	9,154	9,653	9,992	10,155	10,168	10,052	9,820
7.810	1,189	2,370	3,517	4,584	5,529	6,364	7,123	7,833	8,513	9,160	9,654	9,993	10,163	10,180	10,067	9,838
7.405	1,218	2,426	3,590	4,660	5,596	6,419	7,167	7,864	8,528	9,160	9,649	9,988	10,165	10,188	10,079	9,855
7.000	1,251	2,488	3,670	4,742	5,668	6,480	7,216	7,899	8,546	9,153	9,639	9,974	10,161	10,191	10,088	9,869



40 deg. KN = 6,928 m Displacement = 26841,000 tonne



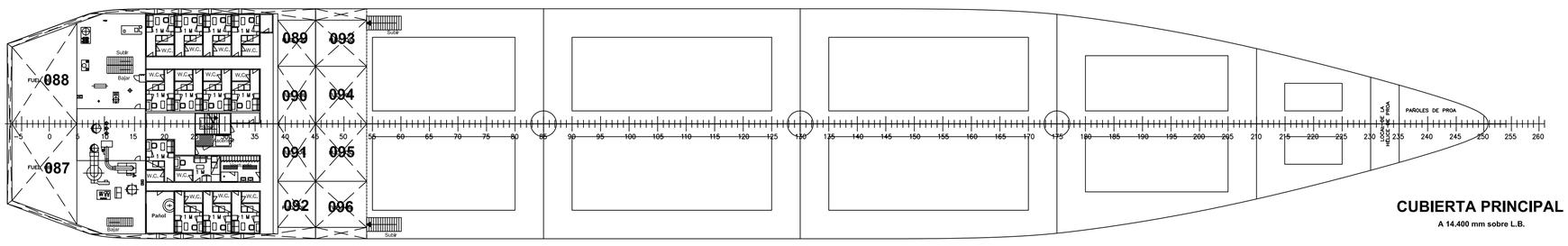
Nº	Bodega o entrepuente	Volumen (m^3)	XG (m)	YG (m)	ZG (m)
001	Bodega nº 1 de babor	1271.2	44.8	5.1	5.1
002	Bodega nº 1 de estribor	1271.2	44.8	-5.1	5.1
003	Bodega nº 2 de babor	2071.5	67.7	5.5	5
004	Bodega nº 2 de estribor	2071.5	67.7	-5.5	5
005	Bodega nº 3 de babor	1685.7	94.5	4.6	5.2
006	Bodega nº 3 de estribor	1685.7	94.5	-4.6	5.2
007	Bodega nº 4 de babor	726.9	119.0	2.7	5.4
008	Bodega nº 4 de estribor	726.9	119.0	-2.7	5.4
009	Bodega nº 5 de babor	101.2	134.9	1.4	6.2
010	Bodega nº 5 de estribor	101.2	134.9	-1.4	6.2
011	Entrepuente 2º bodega nº 1 de babor	601.5	44.4	5.5	9.9
012	Entrepuente 2º bodega nº 1 de estribor	601.5	44.4	-5.5	9.9
013	Entrepuente 2º bodega nº 2 de babor	902.3	67.7	5.5	9.9
014	Entrepuente 2º bodega nº 2 de estribor	902.3	67.7	-5.5	9.9
015	Entrepuente 2º bodega nº 3 de babor	868.5	95.2	5.3	9.9
016	Entrepuente 2º bodega nº 3 de estribor	868.5	95.2	-5.3	9.9
017	Entrepuente 2º bodega nº 4 de babor	480.9	119.4	3.9	9.9
018	Entrepuente 2º bodega nº 4 de estribor	480.9	119.4	-3.9	9.9
019	Entrepuente 2º bodega nº 5 de babor	127	136.5	1.9	10
020	Entrepuente 2º bodega nº 5 de estribor	127	136.5	-1.9	10
021	Entrepuente 1º bodega nº 1 de babor	670.6	44.2	5.5	13.1
022	Entrepuente 1º bodega nº 1 de estribor	670.6	44.2	-5.5	13.1
023	Entrepuente 1º bodega nº 2 de babor	989.6	67.7	5.5	13.4
024	Entrepuente 1º bodega nº 2 de estribor	989.6	67.7	-5.5	13.4
025	Entrepuente 1º bodega nº 3 de babor	981.5	95.5	5.5	13.4
026	Entrepuente 1º bodega nº 3 de estribor	981.5	95.5	-5.5	13.4
027	Entrepuente 1º bodega nº 4 de babor	607.3	119.7	4.3	13.4
028	Entrepuente 1º bodega nº 4 de estribor	607.3	119.7	-4.3	13.4
029	Entrepuente 1º bodega nº 5 de babor	171.7	136.8	2.5	13
030	Entrepuente 1º bodega nº 5 de estribor	171.7	136.8	-2.5	13
031	Bodega castillo sobre bodega nº 5 de babor	181.1	148.1	1	16.02
032	Bodega castillo sobre bodega nº 5 de estribor	181.1	148.1	-1	16.02

(*) Incluye volumen de brazola.

TOTAL VOLUMEN BODEGAS DE CARGA SECA: 24674.6 m^3

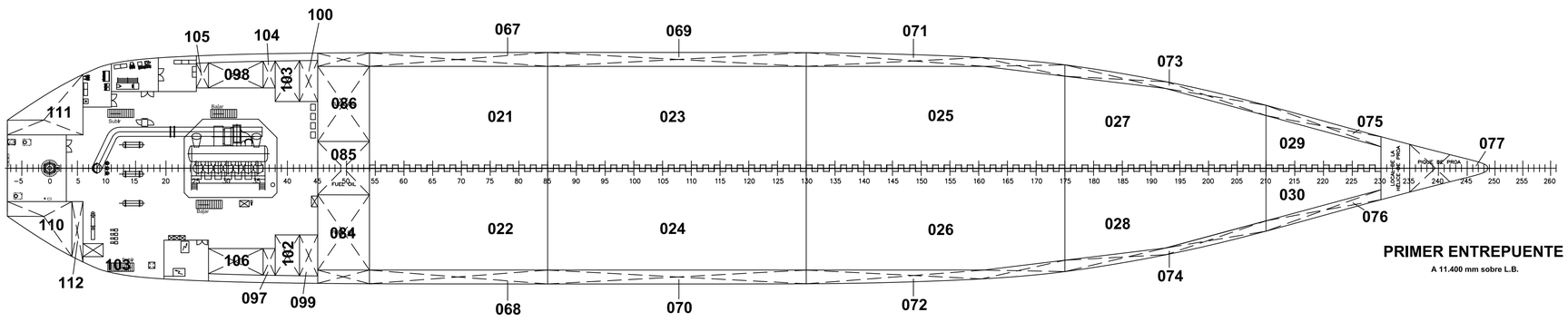
TOTAL VOLUMEN BODEGAS DE CARGA LIQUIDA: 202.4 m^3

TOTAL VOLUMEN BODEGAS DE CARGA: 24877 m^3



CUBIERTA PRINCIPAL

A 14.400 mm sobre L.B.

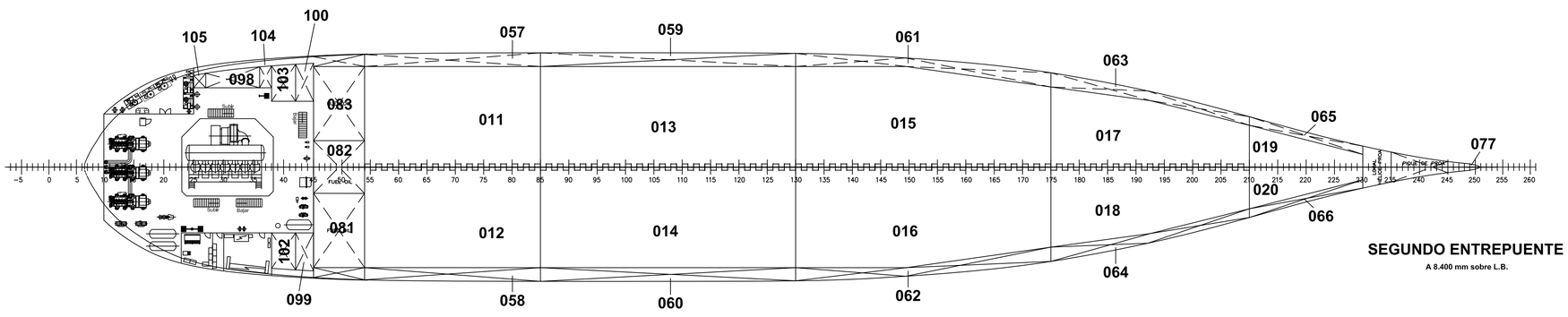


PRIMER ENTREPUENTE

A 11.400 mm sobre L.B.

Nº	Tanque	Volumen (m^3)	XG (m)	YG (m)	ZG (m)
033	Pique de popa	143.8	3.3	0.0	9.3
034	Doble fondo CMM babor	48.0	31.6	2.3	0.9
035	Doble fondo CMM estribor	48.0	31.6	-2.3	0.9
036	Doble fondo bodega nº 1 babor	224.9	45.5	4.3	0.8
037	Doble fondo bodega nº 1 estribor	224.9	45.5	-4.3	0.8
038	Doble fondo bodega nº 2 babor	451.2	67.7	5.6	0.8
039	Doble fondo bodega nº 2 estribor	451.2	67.7	-5.6	0.8
040	Doble fondo bodega nº 3 babor	309.0	93.7	4.1	0.8
041	Doble fondo bodega nº 3 estribor	309.0	93.7	-4.1	0.8
042	Doble fondo bodega nº 4 babor	104.4	118.9	1.9	0.9
043	Doble fondo bodega nº 4 estribor	104.4	118.9	-1.9	0.9
044	Doble fondo bodega nº 5 babor	63.0	135	1.3	2.1
045	Doble fondo bodega nº 5 estribor	63.0	135	-1.3	2.1
046	Doble fondo Cámara del Empujador de proa	31.1	144	0.0	0.9
047	Tanque lateral bodega nº 1 babor	219.8	43.4	10.7	4.7
048	Tanque lateral bodega nº 1 estribor	219.8	43.4	-10.7	4.7
049	Tanque lateral bodega nº 2 babor	273.6	67.6	11.7	5.0
050	Tanque lateral bodega nº 2 estribor	273.6	67.6	-11.7	5.0
051	Tanque lateral bodega nº 3 babor	346.7	96.3	9.7	4.7
052	Tanque lateral bodega nº 3 estribor	346.7	96.3	-9.7	4.7
053	Tanque lateral bodega nº 4 babor	237.1	119.7	5.8	4.8
054	Tanque lateral bodega nº 4 estribor	237.1	119.7	-5.8	4.8
055	Tanque lateral bodega nº 5 babor	43.7	135.1	3.1	5.7
056	Tanque lateral bodega nº 5 estribor	43.7	135.1	-3.1	5.7
057	Tanque lateral entrepuente 2º bodega nº 1 babor	80.9	44.5	11.7	9.9
058	Tanque lateral entrepuente 2º bodega nº 1 estribor	80.9	44.5	-11.7	9.9
059	Tanque lateral entrepuente 2º bodega nº 2 babor	122.8	67.6	11.7	9.9
060	Tanque lateral entrepuente 2º bodega nº 2 estribor	122.8	67.6	-11.7	9.9
061	Tanque lateral entrepuente 2º bodega nº 3 babor	106.5	95.7	11.2	9.9
062	Tanque lateral entrepuente 2º bodega nº 3 estribor	106.5	95.7	-11.2	9.9
063	Tanque lateral entrepuente 2º bodega nº 4 babor	73.5	119.5	8.3	9.9
064	Tanque lateral entrepuente 2º bodega nº 4 estribor	73.5	119.5	-8.3	9.9
065	Tanque lateral entrepuente 2º bodega nº 5 babor	34.6	137.3	4.0	10.0
066	Tanque lateral entrepuente 2º bodega nº 5 estribor	34.6	137.3	4.0	10.0
067	Tanque lateral entrepuente 1º bodega nº 1 babor	81.9	44.4	11.7	12.9
068	Tanque lateral entrepuente 1º bodega nº 1 estribor	81.9	44.4	-11.7	12.9
069	Tanque lateral entrepuente 1º bodega nº 2 babor	123.0	67.7	11.8	12.9
070	Tanque lateral entrepuente 1º bodega nº 2 estribor	123.0	67.7	-11.8	12.9
071	Tanque lateral entrepuente 1º bodega nº 3 babor	109.7	95	11.6	12.9
072	Tanque lateral entrepuente 1º bodega nº 3 estribor	109.7	95	-11.6	12.9
073	Tanque lateral entrepuente 1º bodega nº 4 babor	77.0	120.1	9.2	12.9
074	Tanque lateral entrepuente 1º bodega nº 4 estribor	77.0	120.1	-9.2	12.9
075	Tanque lateral entrepuente 1º bodega nº 5 babor	41.8	137.2	5.4	12.9
076	Tanque lateral entrepuente 1º bodega nº 5 estribor	41.8	137.2	5.4	12.9
077	Pique de proa	254.1	152.6	0	7.1

TOTAL VOLUMEN TANQUES DE LASTRE: 6847.2 m^3

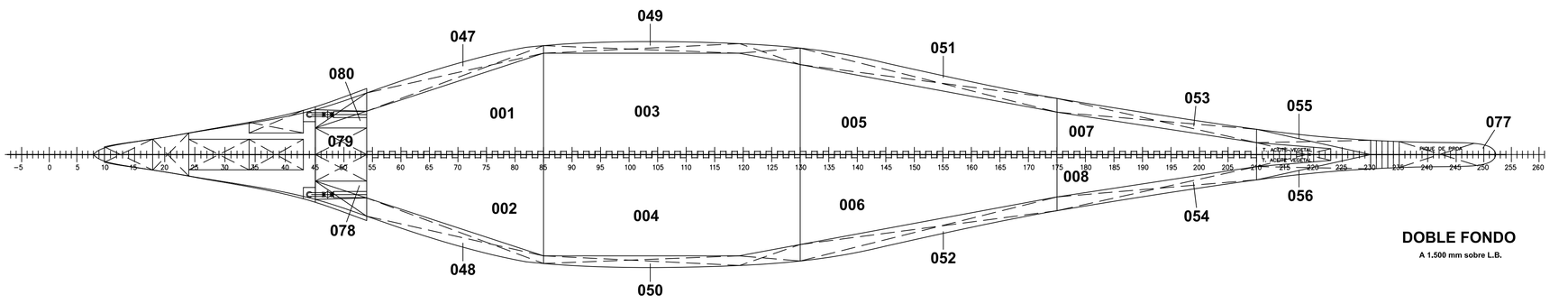


SEGUNDO ENTREPUENTE

A 8.400 mm sobre L.B.

Nº	Tanque	Volumen (m^3)	XG (m)	YG (m)	ZG (m)
078	Tanque almacén FO bajo E	171.4	31.8	5.8	5.9
079	Tanque almacén FO bajo C	221.8	31.7	0.0	5.0
080	Tanque almacén FO bajo B	171.4	31.8	-5.8	5.9
081	Tanque almacén FO medio E	131.1	31.7	7.0	9.9
082	Tanque almacén FO medio C	96.4	31.7	0.0	9.9
083	Tanque almacén FO medio B	131.1	31.7	-7.0	9.9
084	Tanque almacén FO alto E	128.6	31.7	7.0	12.9
085	Tanque almacén FO alto C	96.4	31.7	0.0	12.9
086	Tanque almacén FO alto B	128.6	31.7	-7	12.9
087	Tanque almacén FO espejo E	220.0	-0.6	5.1	15.9
088	Tanque almacén FO espejo B	220.0	-0.6	-5.1	15.9
089	Tanque almacén FO sp Pp E	82.5	26.6	9.4	15.9
090	Tanque almacén FO sp Pp CE	82.5	26.6	3.1	15.9
091	Tanque almacén FO sp Pp CB	82.5	26.6	-3.1	15.9
092	Tanque almacén FO sp Pp B	82.5	26.6	-9.4	15.9
093	Tanque almacén FO sp Pr E	100.5	31.7	9.4	15.9
094	Tanque almacén FO sp Pr CE	100.5	31.7	3.1	15.9
095	Tanque almacén FO sp Pr CB	100.5	31.7	-3.1	15.9
096	Tanque almacén FO sp Pr B	100.5	31.7	-9.4	15.9
097	Tanque servicio diario F.O E	65.2	20.1	11.2	11.8
098	Tanque servicio diario F.O B	65.2	20.1	-11.2	11.8
099	Tanque sedimentación F.O. E	54.4	27.9	9.6	11.4
100	Tanque sedimentación F.O. B	54.4	27.9	-9.6	11.4
101	Tanque de reboses	8.1	26.4	-2.8	1.1

TOTAL VOLUMEN FUEL OIL: 2660.6 m^3

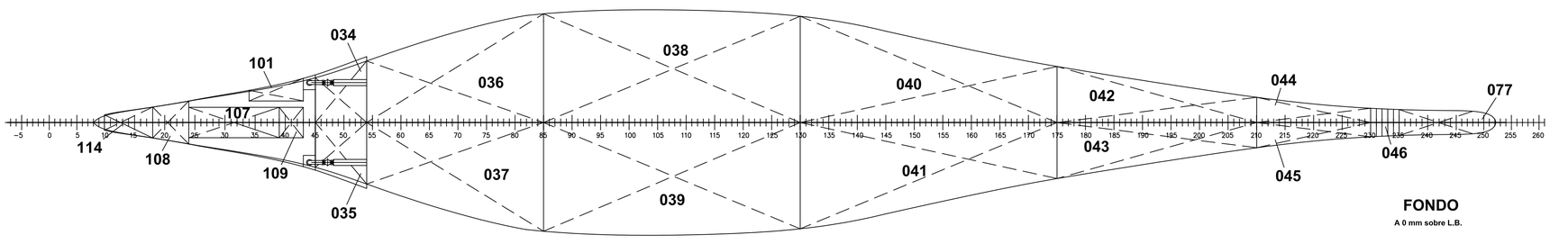


DOBLE FONDO

A 1.500 mm sobre L.B.

Nº	Tanque	Volumen (m^3)	XG (m)	YG (m)	ZG (m)
102	Tanque almacén D.O. E	53.6	24.7	9.8	11.7
103	Tanque almacén D.O. B	53.6	24.7	-9.8	11.7
104	Tanque servicio diario D.O	35.0	16.5	-9.6	11.8

TOTAL VOLUMEN DIESEL OIL: 142.2 m^3



FONDO

A 0 mm sobre L.B.

Nº	Tanque	Volumen (m^3)	XG (m)	YG (m)	ZG (m)
105	Tanque almacén aceite M. P.	16.8	23.4	-9.9	11.7
106	Tanque almacén aceite MM. AA.	8.1	23.4	10.0	13.0
107	Tanque de retorno	36.0	18.5	0.0	0.9
108	Tanque derrames	22.8	13.3	0.0	1.0
109	Tanque de aceite sucio	33.0	24.7	0.0	0.9

TOTAL ACEITE: 116.7 m^3

Nº	Tanque	Volumen (m^3)	XG (m)	YG(m)	ZG (m)
110	Tanque de agua dulce E	124.9	0.0	6.6	13.1
111	Tanque de agua dulce B	124.9	0.0	-6.6	13.1
112	Tanque de agua dulce destilada	23.3	3.0	7.2	13.1

TOTAL AGUA DULCE: 273.1 m^3

CARACTERISTICAS

ESLORA ENTRE PERPENDICULARES (Lpp)..... 154,96 m

ESLORA TOTAL (Lt)..... 163,57 m

ESLORA EN LA FLOTACIÓN (Lwt)..... 159,53 m

MANGA DE TRAZADO (B)..... 25,0 m

PUNTAL DE TRAZADO (D)..... 14,4 m

CALADO DE PROYECTO (T)..... 10,5 m

DESPLAZAMIENTO (Δ)..... 26.867,1m^3

PESO MUERTO (TPM)..... 20.000 T

Nº	Tanque	Volumen (m^3)	XG (m)	YG (m)	ZG (m)
113	Tanque de lodos	26.9	13.2	-7.3	8.2
114	Tanque de aguas aceitosas	15.4	9.2	0	1.1

E.T.S.I.N.

PROYECTO Nº 1674

BUQUE POLIVALENTE DE 20.000 T.P.M.

JESUS ENRIQUE TERCIADO TERCIADO
ANTONIO VILLALBA HERREROS

PLANO DE TANQUES

ESCALA 1 / 300

BUQUE POLIVALENTE 20000 TPM

CUADERNO Nº 5
PREDICCIÓN DE POTENCIA

Proyecto nº 1674
Tutor: D. Francisco Alonso Thous

Jesús Enrique Terciado Terciado

Antonio Villalba Herreros

INDICE

1-. INTRODUCCIÓN

En el presente cuadernillo se van a calcular los parámetros que definen tanto la hélice como el timón. También se va a efectuar un cálculo de la potencia propulsora necesaria para poder cumplir con las necesidades de velocidad impuestas en la especificación del proyecto.

El cálculo de la potencia propulsora se va a efectuar mediante el método de Holtrop que nos proporciona HULLSPEED, módulo del MAXSURF. El de Holtrop no deja de ser un método puramente estadístico, de manera que sería recomendable probar las formas de la carena en un canal de ensayos para contrastar su calidad. Para el dimensionamiento inicial, ya se efectúo un cálculo de la potencia mediante el método de Holtrop, pero en aquella ocasión se desconocían parámetros fundamentales de la carena (superficie mojada, área del espejo sumergida, posición del centro de carena, características del bulbo, etc.). En esta ocasión, dado que se conocen las formas del buque, los cálculos serán mucho más exactos.

Tanto el motor como la hélice se van a diseñar para que cumplan con la condición de que el buque alcance los 19,5 nudos a plena carga, al 90% de su potencia máxima continua (M.C.R.) en la pruebas de mar y con un margen de mar del 15%.

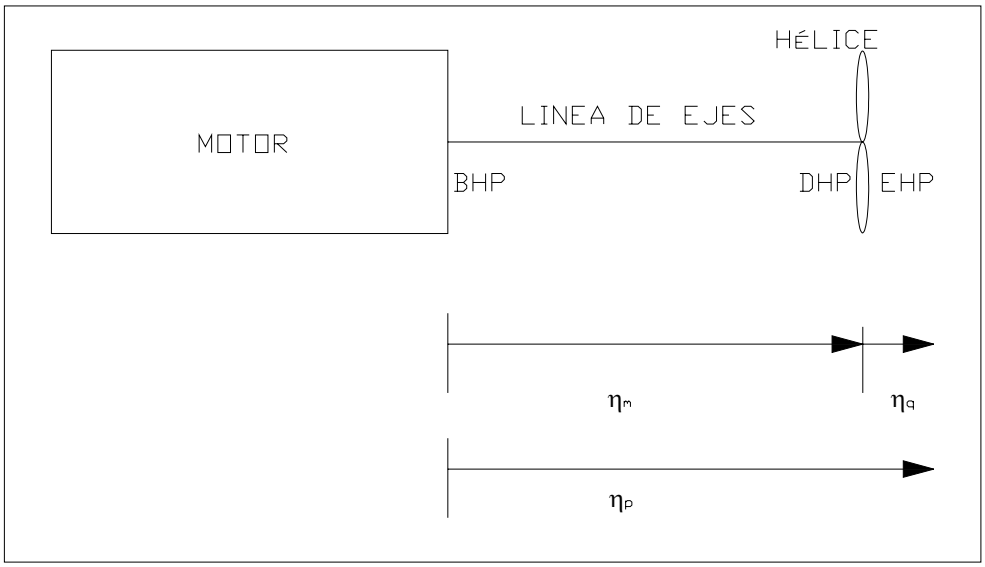
A la hora de seleccionar el motor principal, se tendrá en cuenta que el motor a instalar deberá ser un motor de dos tiempos, con una hélice directamente acoplada de paso no controlable. Estos requisitos del proyecto son características muy habituales en este tipo de buques grandes.

Los criterios para la selección del equipo propulsor siguen los pasos tradicionales que buscan un sistema que reúna robustez, bajo coste de instalación y mantenimiento, baja propensión a averías y alto rendimiento. Pero también se debe atender a los aspectos que se derivan de la función del buque (de seguridad, regímenes de trabajo,...) y de las características de la instalación.

Para definir el propulsor óptimo se utiliza la Serie B del Canal de Wageningen, usando los polinomios de definición de la serie para determinar su punto de rendimiento óptimo. Para ello, se va a contar con la ayuda del programa POP, desarrollado en el Departamento de Arquitectura Naval e Ingeniería Marítima de la Universidad de Michigan.

2-. ESTIMACIÓN DE LA POTENCIA PROPULSORA

Con objeto de aclarar desde un principio las notaciones que se van a emplear a lo largo de éste cuaderno, a continuación mostraremos lo que se entiende por cada uno de los coeficientes propulsivos que aquí se consideran, así como los diferentes valores de potencia que se van a manejar en este cuadernillo.



BHP.- Potencia al freno entregada por el motor al eje

DHP.- Potencia entregada por la línea de ejes a la hélice.

EHP.- Potencia efectiva desarrollada por la hélice.

$$DHP = BHP \cdot \eta_m$$
$$EHP = DHP \cdot \eta_q = BHP \cdot \eta_m \cdot \eta_q = BHP \cdot \eta_p$$

El rendimiento cuasipropulsivo, η_q, se calcula mediante la expresión:

$$\eta_q = \frac{1-t}{1-w} \cdot \eta_0 \cdot \eta_{rr}$$

Donde: t es el coeficiente de succión.

w es el coeficiente estela.

(1-t)/(1-w) es el valor para el rendimiento del casco.

η_0 es el rendimiento del propulsor en aguas libres.

η_{rr} es el rendimiento rotativo relativo de la hélice.

En definitiva, la expresión resultante para expresar el rendimiento propulsivo, η_p, de la hélice será:

$$\eta_p = \frac{1-t}{1-w} \cdot \eta_0 \cdot \eta_{rr} \cdot \eta_m$$

Y éste es el rendimiento que trataremos de maximizar.

2.1-. Predicción de resistencia y potencia de remolque.

El cálculo de la potencia de remolque y de los coeficientes propulsivos (coeficiente de estela, de succión y rendimiento rotativo relativo) se realiza mediante el método de Holtrop. Los datos que precisa son los siguientes:

CARACTERISTICAS DEL BUQUE	
Datos generales	
Eslora entre perpendiculares	L_{pp} = 152,9 m
Eslora de flotación	L_{fl} = 165,2 m
Manga de trazado	B = 25,0 m
Volumen de desplazamiento	Δ = 22.442 m^3
Calado a proa	T_{pr} = 10,5 m

Calado a popa	T_{pp} = 10,5 m	
Calado medio	T_m = 10,5 m	
Coeficiente de bloque	C_b = 0,617	
Coeficiente de la maestra	C_m = 0,975	
Coeficiente prismático	C_p = 0,633	
Coeficiente de la flotación	C_f = 0,745	
Posición longitudinal centro carena	X_{cc} = + 4,68% L_{pp}	
Semiángulo ataque flotación	θ = 14,6º	
Viscosidad cinemática	$\nu = 1{,}19 \cdot 10^6$ m^2/s	
Densidad	ρ = 1.025 kg/m^3	
Rugosidad del casco	150 μm	
Datos del bulbo de proa		
Área transversal en la P_{pr}	A_b = 18,75 m^2	
Altura del c. d. g. de la sección	T_b = 4,725 m	
Datos de la popa		
Área transversal espejo popa	A_e = 51,2 m^2	
Apéndices		
	$1+k_2$	**Área**
Timón	1,40	26,03 m^2
	Longitud túnel	**Diámetro**
Hélice de maniobra	2,00 m	2,10 m

Como se puede ver en los resultados presentados en el Anexo, la resistencia al avance y la potencia de remolque para una velocidad de 19,5 nudos son:

$$R = 897{,}39 \text{ kN}$$

$$EHP = 15.003{,}82 \text{ kW}$$

En el anexo también se muestra la tabla con los valores de V, R_t, EHP y BHP.

2.2-. Potencia del motor principal.

El motor principal elegido tendrá que proporcionar, al 90% de su MCR, la potencia necesaria para alcanzar los 19,5 nudos especificados en la condición de pruebas. En la programación del método de diseño de la hélice, se han calculado los rendimientos para distintos diámetros de la hélice, D, número de palas, Z, relaciones área hélice / área disco, A_e/A_0, y entre 80 a 110 rpm, para obtener la hélice optima.

El motor elegido proporciona la MCR necesaria de 19172 kW a 91,7 rpm. Aun así, tenemos un extra de potencia para el futuro ensuciamiento de hélice y casco (20.090 kW a 95 rpm). Es decir el margen de potencia que tenemos esta en torno al 8% de la MCR máxima, en previsión de un peor comportamiento futuro de hélice y casco.

El punto de diseño de la hélice será al 90% de la MCR en condiciones de pruebas, es decir:

$$BHP = 0{,}90 \cdot 20.090 = 18.081 \text{ KW}$$

Esta potencia será desarrollada por el motor a 91,7 rpm y ha sido este punto para el cual se ha comprobado que la hélice tiene un rendimiento óptimo.

3-. CALCULO DE LA HÉLICE

3.1-. Consideraciones previas.

En el diseño de hélices existen dos objetivos claros que se deben alcanzar:

La hélice debe proporcionar al buque el empuje necesario para que éste pueda navegar a la velocidad deseada. Esto se debe conseguir con un rendimiento máximo, es decir, de manera que la potencia absorbida sea mínima.

No se deben presentar fenómenos de cavitación, y en caso de que aparezcan deben quedar reducidos a límites admisibles: Para evitar la cavitación se debe elegir una relación Área-Disco, A_e/A_0, lo suficientemente grande. Sin embargo el rendimiento baja a medida que crece tal relación, por lo que debe buscarse la menor relación dentro de las que asegurando la no existencia de cavitación garantice un buen rendimiento. Se busca la mejor relación pero cumpliendo el criterio de Keller, que proporciona la relación Área-Disco mínima necesaria para evitar tal fenómeno de cavitación.

Además, a la hora de diseñar el propulsor se debe tener en cuenta que éste debe ser diseñado con un cierto grado de ligereza, ya que tanto en casos de mala mar como a medida que el casco y el propio propulsor se ensucian con el paso del tiempo éste se hace más pesado, lo que puede provocar la sobrecarga del motor por presión media indicada. Para ello, se verá, que tendremos en cuenta un cierto margen de potencia en el motor para este futuro peor comportamiento de propulsor y carena.

De acuerdo con la estimación de potencia, realizada por el método de Holtrop, se pasa a estudiar el propulsor óptimo utilizando la Serie Sistemática BB del Canal de Wageningen, por el método del profesor Gonzalo Pérez que aparece en su libro de Teoría del Buque, de 5º curso de la E.T.S.I.N., Tomo II-B, capítulo VIII, opción de Máquinas Marinas, páginas 39 a 45.

3.2-. Método de cálculo.

El cálculo del propulsor óptimo se realiza utilizando como datos las expresiones polinómicas de los coeficientes de empuje K_T y par K_Q, establecidas por Oosterveld y Van Oossanen, tras analizar las características en aguas libres de todos los propulsores de la serie B de Wageningen y corregidas posteriormente según el método de la ITTC-78.

$$K_T = \frac{T}{\rho \cdot N^2 \cdot D^4} = F\left(J, \frac{P}{D}, \frac{A_e}{A_0}, Z\right)$$

$$K_Q = \frac{Q}{\rho \cdot N^2 \cdot D^5} = G\left(J, \frac{P}{D}, \frac{A_e}{A_0}, Z\right)$$

donde: T = empuje suministrado por el propulsor en aguas libres

Q = par absorbido por el propulsor en aguas libres

ρ = densidad del agua de mar

N = revoluciones por minuto de giro del propulsor

D = diámetro del propulsor

J = grado de avance del propulsor = V · (1 - w) / (N · D)

V =velocidad de avance

w = coeficiente de estela

P/D = relación paso/diámetro de la hélice

A_e/A_0 = relación área/disco

Z = número de palas de la hélice

El método que se emplea para la obtención del propulsor óptimo es el siguiente:

1. Se considerarán como datos básicos para el cálculo de la hélice la velocidad en pruebas del buque V (19,5 nudos) y el diámetro máximo permitido D (7.440 milímetros)
2. Se fija el número de palas del propulsor, Z. Se eligen 4 palas.

3. La relación A_e/A_0 se considera limitada por el valor mínimo que, de acuerdo con el criterio de Keller, expuesto a continuación, no presenta fenómenos de cavitación.

$$\frac{A_e}{A_0} = K + \frac{(1{,}3 + 0{,}3 \cdot Z) \cdot T}{D2 \cdot (p_0 + \rho \cdot g \cdot h - p_v)}$$

con: $p_0 + \rho \cdot g \cdot h$ = presión estática en la línea de ejes

p_v = presión de vapor

K = 0,2 para buques con un propulsor

Para agua de mar a 15°C se verifica que $p_0 - p_v$ = 99.047 N/m²

4. Se supone que el empuje, T, que suministra la hélice para propulsar el buque a la velocidad V es igual al que proporciona en aguas libres. El valor de T se determina a partir de la resistencia de remolque, R, correspondiente a la velocidad V y el coeficiente de succión, t, ambos calculados por el método de Holtrop. Se verifica que:

$$T = \frac{R}{(1-t)}$$

En la expresión del coeficiente adimensional de empuje del propulsor en aguas libres:

$$K_T = \frac{T}{\rho \cdot N^2 \cdot D^4}$$

las revoluciones, N, son desconocidas y pueden ser eliminadas dividiendo K_T por el cuadrado del grado de avance J, obteniéndose:

$$\frac{K_T}{J^2} = \frac{T}{\rho \cdot D^2 \cdot V^2 \cdot (1-w)^2}$$

que es un valor conocido, $(K_T/J^2)_0$, ya que conocemos los correspondientes a T, D, V y al coeficiente de estela, w, proporcionado por el método de Holtrop.

5. Con Z fijo, cada par de valores de las relaciones área-disco, A_E/A_O, y paso-diámetro, P/D, define una única hélice cuyos polinomios de Oosterveld y Van Oossanen quedan reducidos a las curvas K_T-J y K_Q-J del propulsor en aguas libres:

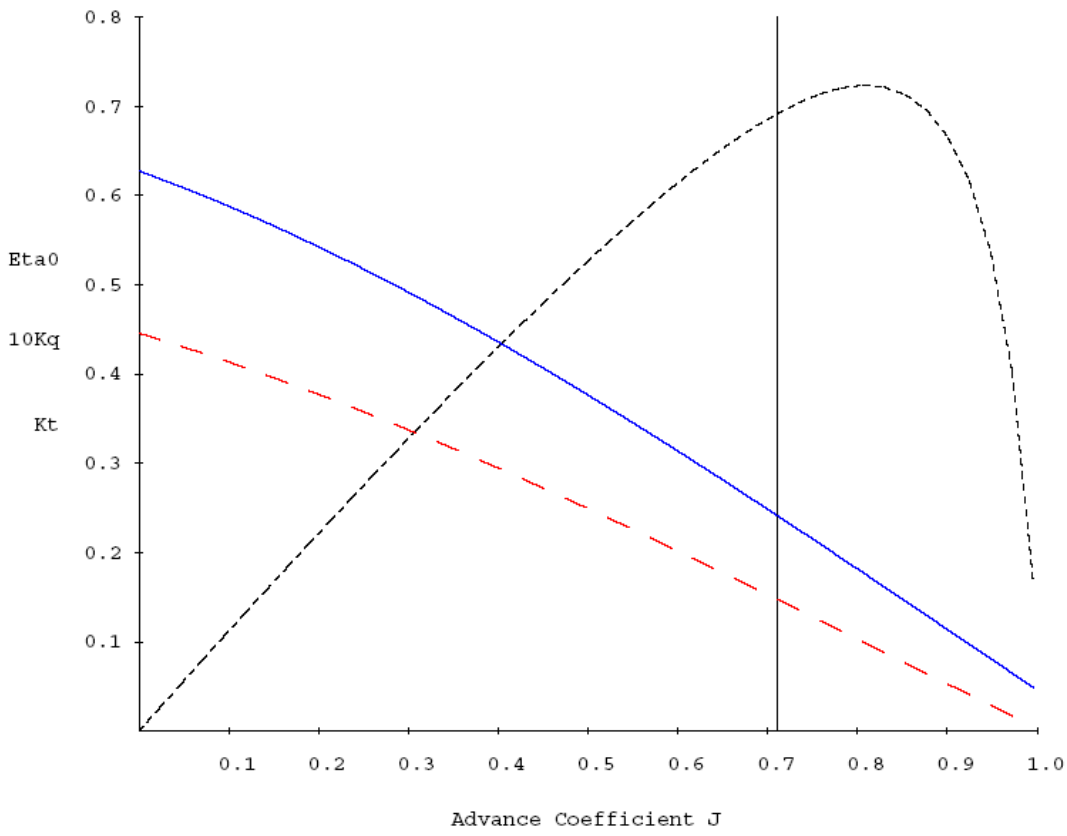
Se fija Z para cada A_e/A_0 y P/D: $K_T = f(J)$ y $K_Q = g(J)$

Para cada hélice, determinada por un par de valores de Ae/A0 y P/D, se realizará un proceso iterativo en el que se darán valores a J y se calculará el correspondiente:

$$\frac{K_T}{J^2} = \frac{f(J)}{J^2}$$

hasta que, por aproximaciones sucesivas, se localice el grado de avance, J_0, para el que:

$$\frac{K_T}{J_0^2} = \left(\frac{K_T}{J^2}\right)_0$$



El proceso descrito es la construcción de la curva K_T/J^2-J correspondiente al propulsor con características dadas (Z, A_e/A_0, P/D) y la obtención en ella de la abscisa J_0 correspondiente a la ordenada conocida $(K_T/J^2)_0$, tal como muestra la figura anterior.

Con el valor J_0 hallado para cada hélice se obtienen los valores de K_T, K_Q y el del rendimiento del propulsor aislado η_0:

$$K_{T0} = f(J_0)$$
$$K_{Q0} = g(J_0)$$
$$\eta_0 = \frac{K_T}{K_Q} \cdot \frac{J}{2 \cdot \pi}$$

6. De todos los propulsores analizados se seleccionará el que presente el mayor valor de η_0 siendo, por lo tanto, la hélice óptima para las condiciones de proyecto establecidas: V, D y Z. Del grado de avance calculado se obtienen las revoluciones nominales del propulsor:

$$N = \frac{V \cdot (1 - w)}{J_0 \cdot D}$$

Mediante el valor K_{Q0} y el rendimiento rotativo-relativo η_{rr}, proporcionado por el método de Holtrop, se puede calcular el par Q absorbido por la hélice:

$$Q = \frac{K_{Q0} \cdot \rho \cdot N^2 \cdot D^5}{\mu_{rr}}$$

Con este valor de Q o con K_{Q0} se puede determinar la potencia nominal absorbida DHP y la potencia nominal al freno BHP, considerando el rendimiento mecánico, η_m:

$$DHP = \frac{2 \cdot \pi \cdot N \cdot Q}{75}$$

$$BHP = \frac{DHP}{\eta_m}$$

3.3-. Propulsor óptimo.

Todos estos cálculos se realizan automáticamente en el programa POP, obtenido de la Universidad de Michigan. En base a las consideraciones efectuadas en el apartado anterior, se obtienen las características del propulsor óptimo. Éstas son:

Z = 4 palas

D = 7,44 m

A_e/A_0 = 0,784

P/D = 0,9532

N = 83,26 rpm

J = 0,7112

K_T = 0,1480

K_Q = 0,02361

η_0 = 0,709

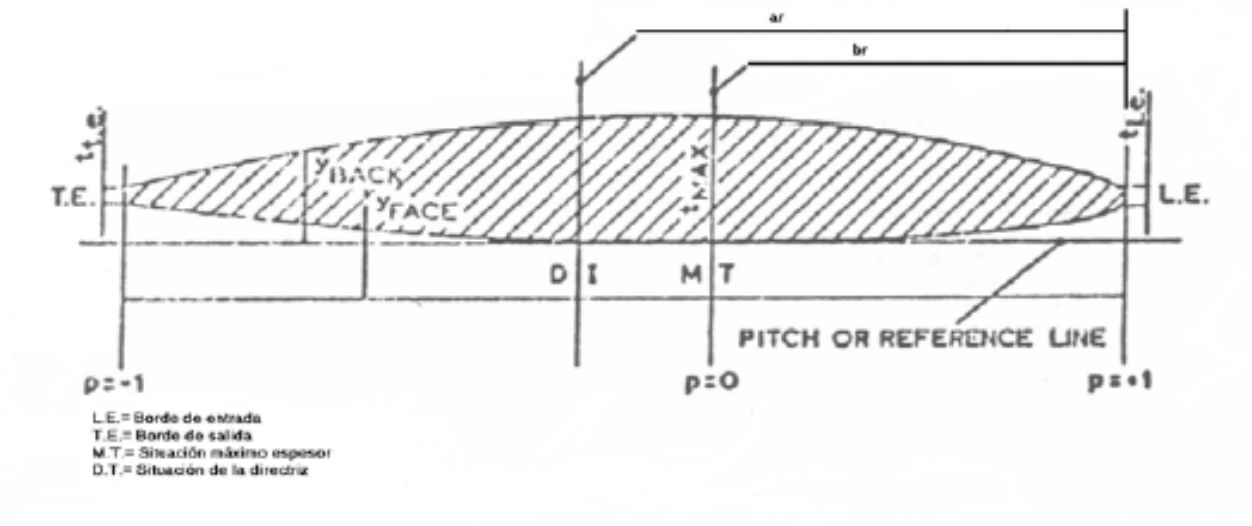
T = 897.4 kN

RN = $0{,}692 \cdot 10^8$

σ = 0,5745

A partir de los datos anteriores, y teniendo en cuenta que el perfil utilizado es el correspondiente a un propulsor de la serie B de Wageningen, cuya definición geométrica puede observarse en la siguiente figura, se puede construir la tabla en la cual se definen para cada estación, r/R, tanto la cuerda, cr, como el espesor máximo, sr. También se definen para cada estación dos distancias muy

significativas: la comprendida entre el borde de entrada y la generatriz, ar, y la correspondiente entre el máximo espesor y la generatriz, br.



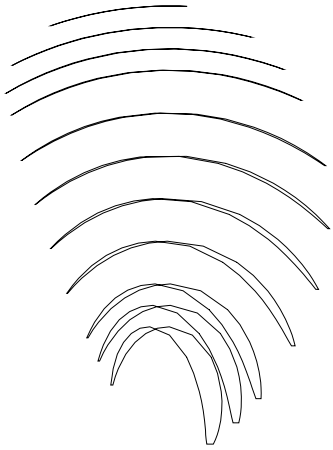
r/R	Cr·Z/(D·AE/A0)	Cr (m)	ar/Cr	br/Cr	sr/D	sr(mm)
0,2	1,459	2,1279	0,483	0,101	0,037	272,3
0,3	1,638	2,3883	0,484	0,090	0,032	241,1
0,4	1,766	2,5757	0,480	0,082	0,028	209,8
0,5	1,841	2,6841	0,471	0,078	0,024	178,6
0,6	1,838	2,6803	0,459	0,081	0,020	147,3
0,7	1,712	2,4961	0,451	0,093	0,016	116,1
0,8	1,635	2,3841	0,384	0,093	0,011	84,8
0,9	1,390	2,0266	0,275	0,087	0,007	53,6
1,0	0,783	1,1416	0,000	0,000	0,003	22,3

Además, con el programa HOLTROP.exe obtenemos los valores:

D_{nucleo} = 1,240 m

Ángulo de lanzamiento = 15,0º

y la cartilla de trazado de la hélice, que nos permite realizar esta vista en 3D del propulsor:



4-. DISEÑO DEL TIMÓN

4.1-. Tipo de timón a proyectar.

Una de las especificaciones del proyecto se corresponde con el diseño del timón. Ha sido impuesto que el timón sea del tipo MARINER. Hoy en día la mayoría de los buques de carga llevan este tipo de timón. Las características básicas del timón MARINER se citan a continuación:

- El timón será semicompensado. De esta manera se reduce el par de adrizamiento y baja la posición del centro de presiones, aumentando así el rendimiento. Además se permite un gran apoyo en el codaste, reduciendo los esfuerzos que soporta la mecha.
- El timón será semisuspendido. El timón se apoya en una estructura saliente del codaste, denominada cuerno. Esta fijación permite una mayor superficie de pala y una pequeña compensación de gran profundidad.

4.2-. Características fundamentales.

4.2.1-. Área proyectada de la pala (A_r)

Para este tipo de buques es normal tomar como área proyectada de la pala el 1,6% del producto $L_{pp} \cdot T$, siendo T el calado de proyecto. Al aumentar el área disminuye el diámetro de giro, siendo insignificante esa disminución para áreas mayores del 2,5%:

$$A_r = 0{,}016 \cdot L_{pp} \cdot T = 0{,}016 \cdot 154{,}96 \cdot 10{,}5 = 26{,}03 m^2$$

4.2.2-. Altura del timón (h)

Es la dimensión vertical normal al flujo. La altura máxima del timón viene fijada por la altura del vano del codaste medida en la mecha del timón, H. Así, la distancia mínima entre el canto alto del timón y el casco debe ser el 6% de H, mientras la distancia del canto bajo de éste a la línea de base será al menos un 8% de H, por lo tanto:

$$h_{máx} = 0{,}86 \cdot H = 0{,}86 \cdot 9{,}61 = 8{,}27m$$

Por otra parte, algunos autores recomiendan que la altura mínima del timón esté marcada por el diámetro de la hélice:

$$h_{mín} = 1{,}15 \cdot D = 1{,}15 \cdot 7{,}44 = 8{,}156m$$

Se decide que la altura del timón sea de 8,2 m.

4.2.3-. Cuerda del Timón (c)

La cuerda del timón es la dimensión paralela al flujo entrante. A efectos de cálculo, y teniendo en cuenta la superficie ocupada por el cuerno del timón (se estima de acuerdo al buque base en 8,2 m^2), se calcula como la suma del área del timón proyectada y el área del cuerno, dividida por la altura máxima.

$$c = \frac{Ar + Ac}{h} = \frac{26{,}03 + 8{,}2}{8{,}2} = 4{,}17m$$

4.2.4-. Espesor (e)

Es la dimensión perpendicular a crujía. Su cálculo está condicionado por la relación de espesor. Se calculará cuando se obtenga dicha relación.

4.2.5-. Relación de alargamiento (L)

Esta relación es el cociente entre la altura y la cuerda del timón. Debe variar entre 1,4 y 2,0. El límite inferior tiene por objeto que el par de la mecha no sea demasiado grande, y el superior viene obligado por el hecho de que no haya desprendimiento de flujo.

$$L = \frac{h}{c} = \frac{8{,}2}{4{,}17} = 1{,}97$$

4.2.6-. Relación de espesor (E)

Su valor es el cociente entre el espesor y la cuerda del timón. El límite inferior de esta relación es 0,15 mientras que el superior es 0,23. Para calcular la relación de espesor, se impone la condición de que el ángulo de desprendimiento de flujo sea superior a 35º. De esta forma, el desprendimiento se producirá para

un ángulo que esté fuera de los márgenes de trabajo del timón. Este ángulo puede calcularse con ayuda de la siguiente expresión:

$$\theta_{des} = 7{,}11 \cdot (1 + 7 \cdot E) \cdot \left(1 + \frac{1{,}25}{L}\right) \cdot \left[1 + 0{,}048 \cdot \sqrt{\ln\left(1 + \frac{8}{\pi} \cdot \frac{K_T}{J^2}\right)}\right] \cdot \frac{h}{D}$$

Si hacemos variar E entre los límites inferior y superior dados anteriormente, obtenemos los resultados que aparecen en la siguiente tabla:

Relación de espesor	**θ_{des} (º)**
0,15	29,11
0,16	30,10
0,17	31,10
0,18	32,09
0,19	33,09
0,20	34,08
0,21	35,07
0,22	36,07
0,23	37,06

En base a la tabla anterior se decide que la relación de espesor sea de 0,21 para, así, estar seguro que el flujo se desprende por encima de los 35º. Entonces, y con este valor de la relación de espesor, tendremos que el espesor del timón será:

$$E = 0{,}21 \Rightarrow e = 0{,}21 \cdot 4{,}17 = 0{,}876m$$

4.2.7-. Relación de compensación (R_c)

Esta relación es el cociente entre el área que se encuentra a proa de la mecha, y el área del timón (A_r). El área de la pala, a proa de su eje de giro, debe ser aproximadamente el 20% del área total. La superficie de compensación se calcula de manera que el tamaño y la potencia del servomotor sean lo más

pequeñas posibles. Para ello se intenta minimizar el par que demanda el timón cuando éste es máximo, es decir a 35º. Para ello:

a) Se procede a calcular el centro de presiones de la pala del timón.

Sea x la distancia medida desde el centro de presiones al canto de proa del timón, siendo θ, el ángulo de giro de éste y c, la cuerda del mismo:

$$\frac{x}{c} = (1 - A \cdot \theta) \cdot (B + C \cdot \theta)$$

con: $A = 0{,}00428$

$$B = \frac{L}{L + 2{,}25} \cdot \frac{2{,}166 \cdot E}{1 + 0{,}644 \cdot \left(1 - e^{-\frac{0{,}375 \cdot K_T}{J^2}}\right)} \Rightarrow B = 0{,}1990$$

$$C = \left(1{,}286 - 3{,}6 \cdot E - 0{,}0083 \cdot \frac{K_T}{J^2}\right) \cdot 10^{-2} \Rightarrow C = 0{,}005276$$

b) Se calcula el par en la mecha del timón.

El valor del par viene dado por:

$$Q_T = F_N \cdot \left(\frac{x}{c} - \frac{x_0}{c}\right) \cdot c$$

$$F_N = \frac{F_T}{C \cdot \cos\theta} = Cte \cdot \frac{\theta}{C \cdot \cos\theta} = Cte' \cdot \theta$$

Siendo x_0 la distancia desde la mecha del timón hasta el canto de proa del mismo.

c) Se minimiza el par.

El valor de par es:

$$Q_T = Cte' \cdot \theta \cdot c \cdot \left[(1 - A \cdot \theta) \cdot (B + C \cdot \theta) - \frac{x_0}{c}\right]$$

Se deriva respecto al ángulo, cuando este alcanza su valor máximo, 35º, y se iguala a 0:

$$\left.\frac{dQ_T}{d\theta}\right|_{\theta=35^\circ} = 3\cdot A\cdot C\cdot\theta^2 - 2\cdot\left(C - A\cdot B\right)\cdot\theta - \left.\left(B - \frac{x_0}{c}\right)\right|_{\theta=35^\circ} = 0$$

$$0{,}000068\cdot\theta^2 - 0{,}00885\cdot\theta - 0{,}1990 + \frac{x_0}{c} = 0$$

$$\frac{x}{c} = 0{,}2009 \quad \Rightarrow \quad x = 0{,}0214 \cong 0{,}838m$$

El área compensada será de 6,87 m^2, y la relación de compensación de:

$$R_c = \frac{A_{proa}}{A_r} = \frac{6{,}87}{26{,}03} = 0{,}26$$

4.2.8-. Desarrollo del timón

El perfil escogido para el timón será de tipo NACA de espesor alto, pues presenta ventajas hidrodinámicas (mayor coeficiente de sustentación y situación constante del centro de presiones), y, en concreto, el 0023, que alcanza el máximo espesor en el punto situado al 70% de la cuerda desde el borde de ataque del perfil (el 100% es el canto de proa del timón).

Con los datos de la altura del timón, h = 8,2 metros; la cuerda, c = 4,17 m; y el espesor máximo t = 0,876 m, como ya se ha indicado anteriormente, se tiene la relación de espesores expuesta en la siguiente tabla:

% cuerda	% espesor máx.	Espesor (m)
0 (popa)	2,1	0,0184
10	24,1	0,2111
20	43,7	0,3828
30	61,0	0,5344
40	76,0	0,6658
50	88,2	0,7726
60	96,7	0,8471
70	100,0	0,8760

80	95,6	0,8375
90	78,0	0,6833
95	41,1	0,3600
100	0,0	0,0000

4.3-. Maniobrabilidad.

4.3.1-. Introducción

Las cualidades de maniobrabilidad del buque, se suelen medir por las tres características siguientes:

- Facilidad de evolución: Esta cualidad está relacionada con el área que necesita el buque para realizar un cambio de rumbo importante. Las magnitudes que mejor la definen son el diámetro de giro, y el diámetro de evolución o diámetro táctico.
- Facilidad de gobierno: Esta cualidad engloba otras varias: la estabilidad dinámica, la rapidez de respuesta o la estabilidad de ruta. Esta última es la más importante y mide la mayor o menor actividad sobre el timón para mantener una ruta determinada. Su indudable importancia crece con la longitud de la travesía, pues disminuye la resistencia al avance y por tanto el consumo de combustible.
- Facilidad de cambio de rumbo. Esta cualidad goza de las dos cualidades anteriores. Mide la habilidad del buque para cambiar de trayectoria en el menor espacio posible, o sea la facilidad de evolución, y con la mayor rapidez posible, o sea facilidad de gobierno. Las magnitudes o parámetros que mejor la definen son: el avance, el número P de Norrbin, representativo del ángulo de rumbo girado por unidad de ángulo empleado y el índice de Nomoto.

La predicción de las características de maniobrabilidad de los buques reviste grandes dificultades, tanto desde el punto de vista teórico como el experimental. El problema es debido, por un lado, a la inexistencia de un planteamiento teórico matemáticamente resoluble, y por otro, a las dificultades para la experimentación debido a los efectos de escala.

4.3.2-. Fuerzas ejercidas sobre la pala

Las fuerzas ejercidas sobre la pala se pueden descomponer en dos: Una fuerza tangencial y una fuerza normal.

- La fuerza tangencial es perpendicular al plano de crujía del buque. Su evaluación puede realizarse con ayuda de la siguiente expresión:

$$F_t = \frac{1}{2} \cdot C_{FT} \cdot \rho \cdot A_r \cdot V_A^2$$

Donde F_t es el valor de la fuerza tangencial calculada; ρ, es la densidad del agua de mar; A_r, es el área del timón, y V_A, es el valor de la velocidad del flujo (en m/s).

En la expresión anterior es necesario conocer el valor del coeficiente adimensional C_{FT}, que puede calcularse con ayuda de la siguiente expresión:

$$\frac{C_{FT}}{\theta} = \frac{2 \cdot \pi \cdot L}{2{,}55 + L} \cdot (1 - 0{,}35 \cdot E) \cdot \left(1 + \frac{8 \cdot K_T \cdot D}{\pi \cdot J^2 \cdot H}\right) \cdot \frac{C_b + 0{,}3}{1 + 1{,}214 \cdot \left(1 - e^{-0{,}3 \cdot \frac{K_T}{J^2}}\right)}$$

Aquí, θ es el ángulo del trabajo del timón y el resto de parámetros han sido calculados con anterioridad. Entrando en la expresión anterior se obtiene:

$$\frac{C_F}{\theta} = 3{,}65$$

- La fuerza normal es perpendicular al plano de simetría del timón y, por ello, la responsable del par que se produce en la mecha. Su valor condiciona el dimensionamiento del servomotor y puede ser calculado a partir de la fuerza tangencial con ayuda de la siguiente expresión:

$$F_N = \frac{F_T}{c \cdot \cos\theta}$$

En el caso de ángulos menores de 20º, el valor de c es 1, mientras que para ángulos comprendidos entre los 20º y los 35º el valor de c es de 1,1. Experimentalmente, se sabe que, si el ángulo del timón es menor de 20º la fuerza normal y la tangencial son prácticamente iguales.

4.3.3-. Estabilidad en ruta

Esta cualidad del buque se mide por el ancho del ciclo de histéresis. Se utiliza el criterio de Geltler, que considera que la anchura máxima del ciclo deberá ser 4º:

$$a = 18{,}12 - \frac{46{,}43}{T_m}$$

siendo a el ancho del ciclo de histéresis en grados, y T_m, el índice de Nomoto.

Este criterio es equivalente a la siguiente desigualdad:

$$\frac{1}{T_m} \geq 0{,}305$$

Para llegar a calcular el índice de Nomoto primero es necesario conocer los valores de ciertos parámetros:

$$F = \frac{C_{FT}}{\theta} \cdot (1-w)^2 \cdot \frac{A_r}{L_{pp} \cdot T} \cdot \frac{L_{pp}}{B} \cdot \frac{1}{C_b^2} \cdot \left(1 + 25 \cdot \frac{T_{pp} - T_{pr}}{L_{pp}}\right) \Rightarrow F = 0{,}541$$

$$\frac{l_1}{L_{pp}} = 0{,}27 + 0{,}258 \cdot (F + 0{,}38)^{0{,}39} \Rightarrow \frac{l_1}{L_{pp}} = 0{,}520$$

$$G = 0{,}193 \cdot \frac{L_{pp}}{B \cdot C_b^2} \quad \Rightarrow \quad G = 2{,}875$$

$$d_1 = \frac{l_1}{L_{pp}} - \left(0{,}5 + \frac{x_{cc}}{L_{pp}}\right) \quad \Rightarrow \quad d_1 = 0{,}093$$

El índice de Nomoto está dado por la siguiente expresión:

$$\frac{1}{T_m} = \frac{d_1}{K_i^2 + K_j^2} = 1{,}013 > 0{,}305$$

Ki = 0,24 es el radio de inercia de la masa del buque

Kj = 0,185 es el radio de inercia del agua arrastrada

Por lo tanto, nuestro buque cumple con el criterio de estabilidad en ruta.

4.3.4-. Facilidad de evolución

Ésta se mide por la relación diámetro de giro a eslora, cuando el timón se mete a una banda 35º, y debe ser tal que:

$$\frac{D}{L_{pp}} < 7{,}2 - 5 \cdot C_b \quad \Rightarrow \quad \frac{D}{L_{pp}} < 3{,}975$$

La facilidad de evolución puede ser calculada mediante:

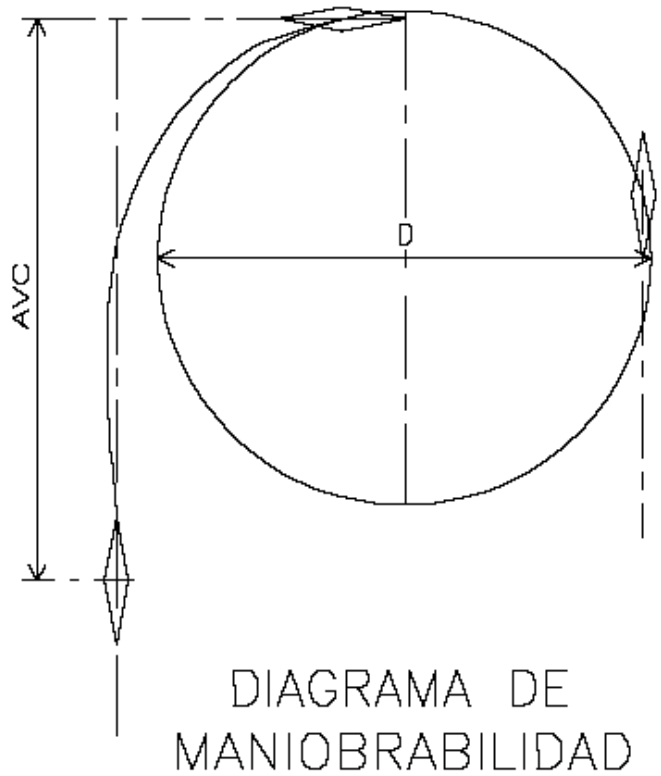
$$\left.\frac{F_N}{\theta}\right|_{35^o} = \frac{\frac{F_T}{\theta}}{1{,}1 \cdot \cos 35} = \frac{1}{1{,}1 \cdot \cos 35} \cdot \frac{C_{FT}}{\theta} \cdot \frac{1}{2} \cdot A_r \cdot V_a^2 \quad \Rightarrow \quad \left.\frac{F_N}{\theta}\right|_{35^o} = 5.438.134 N$$

$$\left.\frac{D}{L_{pp}}\right|_{35^o} = \frac{2}{sen(2 \cdot \theta)} \cdot 0{,}024 \cdot \frac{L_{pp}}{B} \cdot \frac{1}{C_b^2} \cdot \frac{M \cdot V^2}{\frac{F_N}{\theta}} \quad \Rightarrow \quad \left.\frac{D}{L_{pp}}\right|_{35^o} = 2{,}10$$

Luego, se cumple el criterio de Facilidad de Evolución.

4.3.5-. Facilidad de cambio de rumbo

Se puede evaluar a través del diámetro de evolución, diámetro de giro y avance.



- Diámetro de evolución. Del análisis de gran cantidad de ensayos se sabe que para buques llenos:

$$DT = D \cdot 1{,}4 = 4{,}07 \cdot L_{pp} < 4{,}5 \cdot L_{pp} \qquad \text{(Criterio de Gertler)}$$

- Diámetro de giro. Del mismo modo se sabe, por ensayos con modelos, que:

$$DV = DT - 0{,}75 \cdot D = 1{,}89 \cdot L_{pp}$$

- Avance. El avance se puede expresar como:

$$Av = 2 \cdot DV = 3{,}78 \cdot L_{pp} < \left(4{,}3 - 0{,}5 \cdot C_b\right) \cdot L_{pp} = 3{,}89 \cdot L_{pp}$$

Se cumplen los requerimientos de Facilidad de Cambio de Rumbo.

4.4-. Potencia del servomotor.

Según establece el Reglamento del Germanischer Lloyd, el servomotor deberá ser capaz de pasar de una banda a otra (-35º a 30º) en 28 segundos como máximo. Además, GL nos indica cuál es la fuerza lateral sobre el timón,

actuando sobre el centro de presiones. El valor de dicha fuerza lateral, expresado en kN, está dado por:

$$P_L = \frac{K_R}{0{,}248} \cdot \frac{(V+3)^2 \cdot A_r \cdot f_R}{10}$$

Para las características del timón en estudio, y siguiendo las indicaciones del reglamento se tiene que:

K_R = 0,248

V = 19,5 nudos

A_r = 26,03 m^2

F_r = 1

Por tanto el valor de la fuerza lateral es: P_L = 1.318 kN.

A continuación se debe calcular la posición del centro de presiones, siguiendo la reglamentación al respecto del Germanischer Lloyd:

$$x_{PF} = 0{,}33 \cdot e \cdot x_B - x_L$$

Los valores de los anteriores coeficientes son:

X_{PF} distancia horizontal entre la mecha del timón y el centro de presiones, medida en metros

$e = 2 \cdot \left(C_b + 10 \cdot \frac{B}{L} - 2 \right) \cdot \frac{V}{\sqrt{L}} \Rightarrow e = 0{,}811$ siendo e un factor de forma del casco

x_B = 4,17; cuerda del timón, medida en metros

x_L = 0,838; distancia horizontal entre el canto de proa del timón y el eje de la mecha del timón.

Se obtiene un valor de x_{PF} y del par en la mecha de:

$$x_{PF} = 0{,}278m$$
$$Q_{Me} = 366{,}4kN \cdot m$$

Finalmente se calcula la velocidad angular media con la que el timón deberá pasar de una banda a la contraria.

$$\omega = \frac{(35+30)\cdot\frac{\pi}{180}}{28} = 0{,}041 rad/s$$

Se puede suponer un rendimiento de 0,65 en la bomba (se instalarán 2 iguales) y, aumentando un 10% (como margen de seguridad), obtenemos la potencia que deberá tener cada una de las dos bombas hidráulicas que accionan el timón:

$$P_{Servo} = K_{Seg} \cdot \frac{Q_{Me} \cdot \omega}{\eta} = 25{,}4 kW$$

5-. HUELGOS

Debido a la importancia de la posición relativa de la hélice, el timón y el codaste del buque, las Sociedades de Clasificación incluyen en sus reglas recomendaciones sobre los valores mínimos que deben tener los huelgos entre ellos con objeto de que las vibraciones excitadas por la hélice no excedan de unos niveles razonables.

Dado que el Germanischer Lloyd no hace ninguna recomendación en este sentido, hemos empleado las recomendaciones del Lloyd's, según las cuales, para buques de una hélice, se deben verificar las siguientes holguras:

a = $K_Z \cdot K \cdot D_P$, con un mínimo de $0{,}10 \cdot D_P$ (diámetro del propulsor = 7440 mm)

b = 1,5·a, con un mínimo de $0{,}15 \cdot D_P$ (= 1116 mm)

c = $0{,}12 \cdot D_P$, con un mínimo de $T_{máx}$ (espesor máximo del timón = 876 mm)

d = valor suficiente para que la hélice y el timón no queden a la altura de la línea base del buque y estén seguros a la hora de colocar el buque en grada para alguna reparación

donde: K_Z = 1, ya que el buque tiene una hélice de 4 palas

$$K = \left(0{,}1 + \frac{L_{pp}}{3050}\right) \cdot \left(\frac{2{,}56 \cdot C_b \cdot MCO}{L_{pp}^2} + 0{,}3\right)$$

con: MCO = 25710 HP

L_{pp} = 154,96 m

C_b = 0,645

Sustituyendo estos valores obtengo:

K = 0,3118

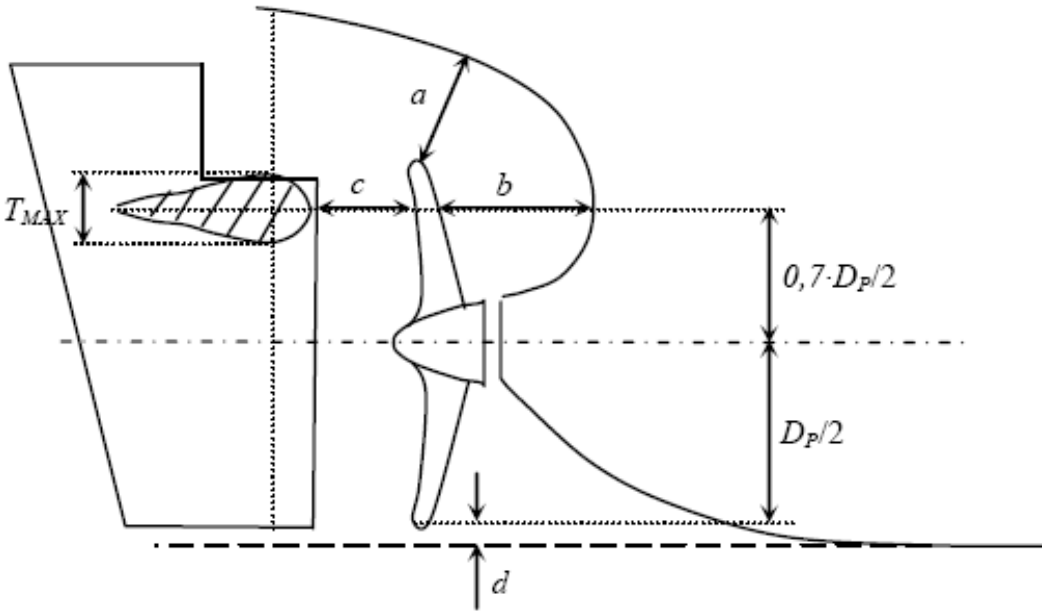
a = 2320 mm

b = 3480 mm

c = 893 mm

d = 223 mm

Este es un esquema del codaste y de la posición de cada huelgo:



6-. HÉLICE TRANSVERSAL DE MANIOBRA

Las características de la hélice de maniobra serán determinadas por las directrices que aparecen en el "Proyecto básico del buque mercante" en su página 600. Además, se tendrán en cuenta los siguientes requisitos:

- El túnel de la hélice transversal debe cumplir:
  1. De acuerdo con Taniguchi, la longitud del túnel debe estar comprendida entre una y dos veces su diámetro, resultando más eficaz a mayor longitud.
  2. La distancia del eje del túnel a la línea base no debe ser inferior al diámetro.
  3. La distancia mínima del eje del túnel al calado de carga, incluyendo la condición de lastre, debe ser una vez el diámetro.
- El empuje de la hélice se determinará mediante la fórmula:

$$Empuje(kN) = F \cdot L_{pp} \cdot T$$

  donde:

  L = Eslora entre perpendiculares, en metros.

  T = Calado del buque, en metros.

  F = Constante en kN/m^2 que relaciona el empuje necesario con la superficie de la obra viva. Se saca del gráfico de la página 601 del citado libro.

- Con esto tenemos que:

$$Empuje = 0{,}11 \cdot 154{,}96 \cdot 10{,}5 = 178{,}99kN = 18.264kg$$

- Con este valor elegimos una hélice transversal que nos de este empuje como mínimo. La que más se acerca en el mercado es la hélice de SCHOTTEL que ponemos en la siguiente hoja.
- Como valores orientativos:

1. El valor promedio de los empujadores en un túnel transversal es 11 kg/HP, con lo que tenemos que la potencia es de:

$$P = 18.264kg/(11kg/HP) = 1.660HP = 1.238kW$$

2. Si estimamos un rendimiento del motor eléctrico de 0,95 tenemos que el consumo eléctrico es de 1.303 kW eléctricos para nuestro empujador transversal. Como se puede apreciar este valor es muy similar al elegido para el empujador Schottel.

- Con estos valores, la velocidad de giro del buque viene representada por:

$$\omega = \frac{188}{L_{pp}} F^{1/2}$$

Siendo: L_{pp}, la eslora entre perpendiculares (154,96 metros), y F, el factor antes mencionado (0,11 kN/m^2).

- Con esto, nos queda la velocidad de giro teórica es de 0,402º/s ó 24,1 º/min.
- El valor real eligiendo el empujador Schottel es de 0,405 º/s ó 24,3º/min.
- Se elige la siguiente hélice de maniobra:

Marca	SCHOTTEL
Modelo	ST1010
Empuje	183 KN
Tipo	Cuatro palas fijas, accionada por motor eléctrico 60 Hz reversible con regulador de velocidad.
rpm motor máx.	1.770
Potencia	1.250 kW / 1.700 BHP
Diámetro de la hélice	2.100 mm
Longitud del túnel	2.000 mm

7-. BIBLIOGRAFÍA

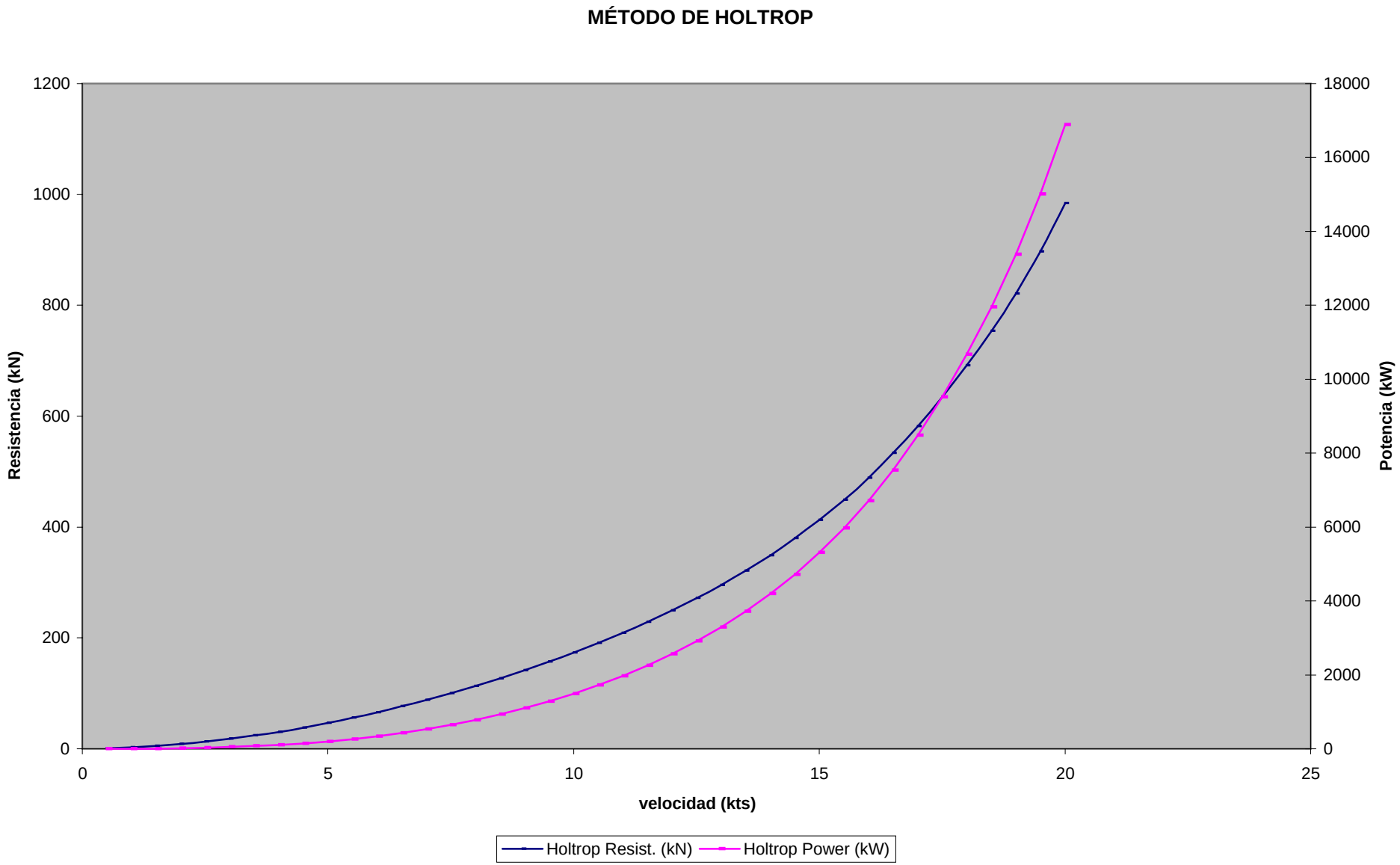
- Detailed Design of Ship Propellers. Gonzalo Pérez, Juan Gómez Adalid
- Máquinas Eléctricas. Jesús Fraile Mora
- Apuntes de Máquinas Auxiliares. Jesús Panadero
- Teoría del Motor Diesel. Volumen I. Álvaro Zurita
- Proyecto Básico del Buque Mercante.
- Apuntes de Motores Marinos. Álvaro Zurita
- Apuntes de Construcción Naval I. Vol. 1, 2, 3 y 4. E.T.S.I.N.
- Apuntes de Teoría del Buque de Casco y Máquinas. E.T.S.I.N.
- Apuntes de la Cátedra de Proyectos de la E.T.S.I.N.

ANEXO:

TABLA Y CURVA POTENCIA - VELOCIDAD

Tabla Potencia y Resistencia - Velociadad

Speed (kts)	Holtrop Resist. (kN)	Holtrop Power (kW)
0	--	--
0.5	0.62	0.27
1	2.26	1.94
1.5	4.83	6.21
2	8.29	14.22
2.5	12.62	27.05
3	17.79	45.76
3.5	23.79	71.38
4	30.6	104.95
4.5	38.22	147.47
5	46.64	199.93
5.5	55.84	263.33
6	65.82	338.63
6.5	76.58	426.82
7	88.11	528.85
7.5	100.41	645.71
8	113.48	778.4
8.5	127.33	927.95
9	141.96	1095.49
9.5	157.42	1282.28
10	173.75	1489.75
10.5	191.01	1719.6
11	209.29	1973.88
11.5	228.7	2255.04
12	249.4	2566.05
12.5	271.56	2910.45
13	295.39	3292.46
13.5	321.12	3717.02
14	349.05	4189.88
14.5	379.46	4717.62
15	412.68	5307.48
15.5	449.05	5967.77
16	489.02	6708.7
16.5	533.1	7541.83
17	581.56	8476.83
17.5	634.39	9518.76
18	691.47	10671.64
18.5	753.24	11947.95
19	821.13	13376.87
19.5	897.39	15003.82
20	984.38	16880.34


MÉTODO DE HOLTROP
Resistencia (kN)
Potencia (kW)
velocidad (kts)
0
200
400
600
800
1000
1200
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
14000
16000
18000
0
5
10
15
20
25
Holtrop Resist. (kN)
Holtrop Power (kW)

BUQUE POLIVALENTE 20000 TPM

CUADERNO Nº 6
CUADERNA MAESTRA

Proyecto nº 1674
Tutor: D. Francisco Alonso Thous

Jesús Enrique Terciado Terciado

Antonio Villalba Herreros

INDICE

1-. INTRODUCCIÓN.

1.1-. Objetivos, Criterios de Cálculo y Justificación de los Materiales.

El objetivo fundamental de este documento es dar una solución idónea a la estructura del buque de acuerdo con las líneas básicas del mismo, por medio del escantillonado de la sección maestra, pero sin olvidar que la estructura de dicho buque es algo más que ésta.

El cálculo de la cuaderna maestra, así como los correspondientes a la resistencia general y local, se ha realizado siguiendo los criterios establecidos por el Germanischer Lloyd (GL), como sociedad de clasificación del buque. En los cálculos que a continuación se detallan se ha hecho mención a la regla o reglas utilizadas en cada caso y a los criterios fundamentales de las mismas, intentando evitar transcribir aquí el reglamento en sí, pero sin dejar de hacer referencia al mismo. Las normas a utilizar serán las contenidas en la Parte 1 del reglamento que es la que define la estructura de buques de acero.

En la construcción del buque se ha utilizado acero dulce naval de calidad A excepto en el doble fondo y cubierta principal. En estas zonas se ha utilizado acero de calidad AH-36, el cual, nos permitirá un ahorro considerable en el peso del acero del buque sin aumentar de forma extraordinaria el coste. Esto redundará en unos menores costes de explotación del buque en cuanto a consumo de combustible se refiere y de fabricación en cuanto al grosor de las chapas a trabajar.

Las características de estos aceros, a las que se hace referencia en las reglas, son las siguientes:

Calidad	Características del acero	Símbolo	Valor
A	Límite elástico	σ_0	235 $N \cdot mm^{-2}$
	Esfuerzo máximo de tensión	Rm	400-520 $N \cdot mm^{-2}$
	Factor de acero de alta resistencia	k	1
AH-36	Límite elástico	σ_0	355 $N \cdot mm^{-2}$
	Esfuerzo máximo de tensión	Rm	400-520 $N \cdot mm^{-2}$
	Factor de acero de alta resistencia	k	0.72

1.2-. Características Generales de la Estructura, Criterios de diseño.

La estructura del buque es de tipo longitudinal. De esta forma, los elementos secundarios que, según la nomenclatura del GL, son los longitudinales, serán continuos en dichas zonas y estarán soportados por los primarios, que en este caso son los que constituyen el anillo transversal.

Se ha elegido este tipo de estructura por dos motivos:

- Una estructura longitudinal es menos pesada que su transversal equivalente.
- La construcción de este tipo de estructura es más sencilla, ya que tenemos muchas zonas planas y largas donde este tipo de construcción es más sencilla.

La clara de cuadernas tiene una extensión de 620 mm y la clara de bulárcamas se ha establecido cada cinco cuadernas es decir cada 3100 mm. Para uniformizar la estructura se han dividido las bodegas de forma que los mamparos de separación (estancos) coincidan con las bulárcamas así como las brazolas. En el cuaderno 3 se da una descripción detallada de esta disposición.

La especificación del proyecto nos dice que el buque debe disponer de doble fondo y dos entrepuentes. Además contará con doble casco y mamparo longitudinal en crujía. Atendiendo a esto se han dispuesto los entrepuentes con un puntal de 3 m cada uno de forma que con las escotillas cerradas quepa un contenedor en altura. El puntal restante es de 6,9 m y corresponde a la bodega.

El buque dispone de doble fondo con un puntal de 1,5 m, el cual está soportado por una quilla vertical más cuatro vagras a cada costado cuya distribución en manga está definida por GL. El puntal del doble fondo se calcula más adelante y su valor viene estipulado por las Reglas.

Los entrepuentes y la cubierta del buque están soportados por consolas y baos dispuestos en cada bulárcama de forma que los esfuerzos se transmitan a éstas y no a las chapas del doble casco ni sus refuerzos.

El doble casco conformará los tanques de lastre. Bajo las bodegas principales tendremos los tanques de lastre de doble fondo y en los costados tendremos tres tanques de lastre en altura, coincidiendo cada tanque con la altura de la bodega o entrepuente que tenga anexo. De esta forma conseguimos una fácil división en bloques del buque y una gran flexibilidad a la hora de distribuir el lastre en el buque. La manga del doble casco es de 1,5 m. El valor de la manga es el resultado de cuatro factores:

- Manga del buque, establecida a partir del estudio de otros buques.
- Volumen de bodegas, establecido por la especificación.
- Volumen de lastre necesario.
- Espacio suficiente para la correcta inspección de los tanques.

La altura de los reboses de los tanques de lastre sobre la cubierta principal de es 760 mm que es la mínima altura sobre la cubierta de francobordo que establecen las Reglas en el apartado I-P1 S.12 A.2.

Todos los refuerzos longitudinales se han alineado en el sentido vertical de forma que no haya discontinuidades en la transmisión de esfuerzos. Las conexiones entre los distintos elementos van provistas de las correspondientes consolas. Así por ejemplo, la brazola longitudinal de las escotillas está alineada con un longitudinal de la cubierta principal que a su vez está alineado con longitudinales de los entrepuentes inferiores, doble fondo y fondo.

Las aberturas de las bodegas se han provisto de las correspondientes brazolas que cuentan con un puntal de 1,5 m. Las brazolas longitudinales se han tenido en cuenta a la hora de calcular la cuaderna maestra, para ello se han hecho continuas desde la abertura de popa hasta la de proa, lo que comprende una longitud mayor del 40% de la eslora del buque, que es el mínimo necesario para que una estructura longitudinal sea considerada efectiva para contribuir a la resistencia longitudinal del buque. De esta forma

conseguimos de forma sencilla el módulo resistente necesario en la cubierta principal aprovechando la estructura existente y reduciendo los escantillones. Las tapas de escotillas de los entrepuentes van enrasadas al suelo de forma que no interfieran en la estiba de la carga.

Para optimizar el proceso de fabricación se han seguido estos criterios:

- El número de tipos de refuerzos diferentes debe reducirse al mínimo.
- El número de espesores diferentes de chapas debe reducirse al mínimo.
- La manga de los enchapados debe ser tal que se aproveche la práctica totalidad de la manga de una chapa estándar.

A modo de ejemplo describimos el caso del fondo del buque. Siguiendo estos criterios hemos dispuesto refuerzos iguales en todo el fondo atendiendo al refuerzo mayor necesario. Haciendo esto vemos que la diferencia en peso es mínima y que hemos reducido los tipos de refuerzos en esta zona de tres a uno solamente. En el resto de zonas del buque se ha procedido de la misma forma. En cuanto a las chapas hemos considerado traquear todo el fondo con planchas normalizadas de 2400 mm de manga dando 50 mm de demasía. El resto de la estructura se ha tratado de la misma forma.

*1.3-. **Metodología***

Todo el proceso de cálculo de la sección maestra, bulárcamas y mamparos estancos se ha realizado con el software POSEIDON de GL, el cual está destinado a estos fines. En los Anexos de este cuaderno se presentan las tablas de resultados de POSEIDON las cuales serán descritas a los largo del mismo. Así mismo se presentan los planos correspondientes a tres secciones del buque:

- Cuaderna maestra (hoja 1).
- Sección tipo bulárcama (hoja 2).

- Sección tipo mamparo estanco (hoja 3).

El método de cálculo para obtener una sección maestra que cumpla con los requisitos establecidos por las normas, requiere de un proceso iterativo. En una primera fase se ha estimado una cuaderna maestra atendiendo a las Reglas y a cuadernas maestras de buques similares. A partir de estos datos se ha calculado el peso del acero del buque y se han calculado las condiciones de carga. Con estas condiciones de carga se ha corregido la cuaderna maestra y se ha vuelto a calcular el peso de acero, de nuevo las condiciones de carga y la consiguiente corrección de la sección. Este proceso se ha repetido tres veces de forma que la última cuaderna maestra difería muy poco de la anterior. En el presente cuadernillo sólo se presentan los resultados finales atendiendo a una mayor claridad y sencillez.

A parte de esto, se ha llevado un estudio particular de los barraganetes de las brazolas y de los soportes de los entrepuentes por modelización por elementos finitos. Esto se ha hecho porque GL aconseja un estudio por cálculo directo de estos elementos. Como el mismo software presenta la posibilidad de realizar estos cálculos se ha optado por crear un modelo de la zona a estudiar para comprobar que dispone de la resistencia necesaria ante las cargas a las que se verá sometida la estructura. Estos cálculos se ven avalados por GL en su sección I-P1 S.1 M donde se refiere de forma explícita al modelizado por elementos finitos con POSEIDON.

2-. CÁLCULOS DE RESISTENCIA LONGITUDINAL.

2.1-. Parámetros Generales de Escantillonado

En primer lugar vamos a establecer las dimensiones y parámetros generales del buque necesarios para el escantillonado y que las Reglas nos definen en I-P1 S.1 H.2.

2.1.1. Calado de escantillonado, T_{esc}.

El buque está diseñado para un calado en verano de 10,5 m. Como medida de seguridad y a afectos del escantillonado de la sección maestra hemos aumentado este valor hasta los 11 metros. De esta forma el peso del buque no se verá muy afectado y nos aseguraremos de que la resistencia estructural tenga un margen de seguridad.

El resto de valores están en función de éste.

2.1.2. Eslora reglamentaria, L.

Para ser determinada es preciso considerar los siguientes valores:

× Longitud de la línea de flotación al calado de escantillonado (11m)	159,599 m.
× L_{min}= 96% de la eslora en la flotación al calado de verano	153,215 m.
× L_{max}= 97% de la eslora en la flotación al calado de verano	154,744 m.

Dado que, según la norma, los dos últimos valores son limitadores del primero, la eslora de escantillonado *Lc* tendrá un valor de 154,744 m

2.1.3. Posición de la cuaderna Maestra.

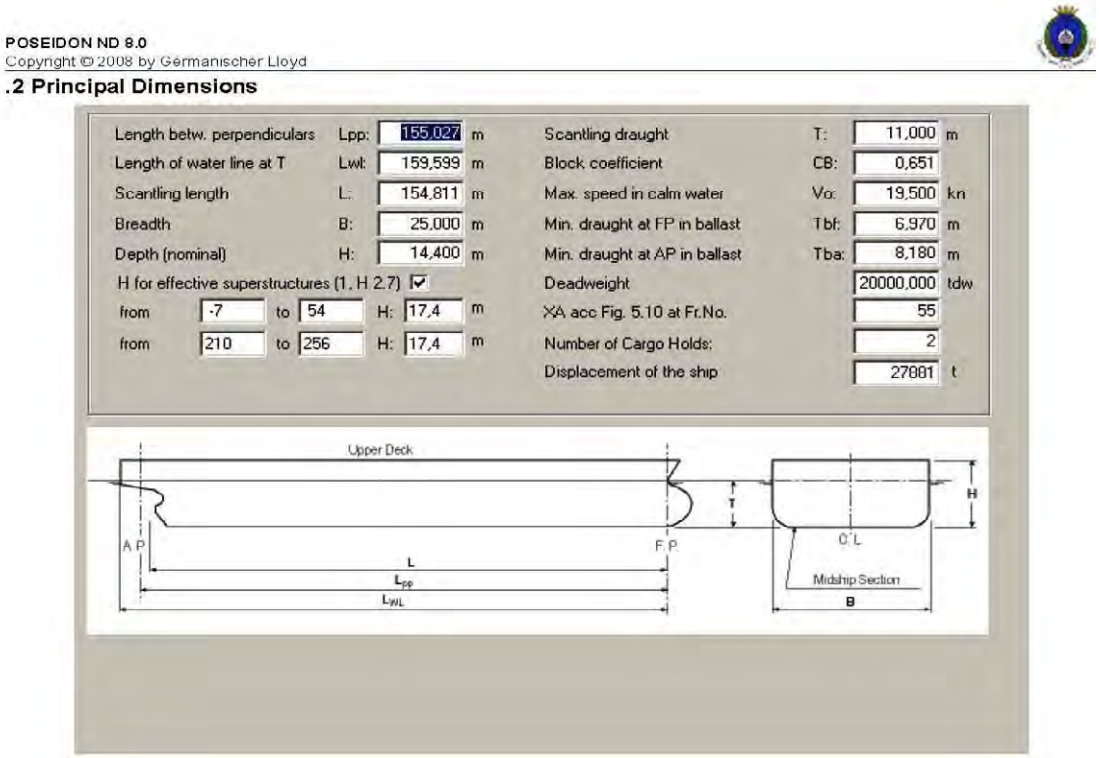
Es tomada como la mitad de L desde el extremo de proa de la roda al calado T, lo cual equivale a 77,372 m.

2.1.4. Tabla resumen de parámetros.

En la siguiente tabla es exponen resumidos todos los valores necesarios teniendo en cuenta que están referidos al calado de escantillonado:

Parámetro	***Símbolo***	***Valor***
Eslora reglamentaria	L	154,744 m
Eslora entre perpendiculares	Lpp	154,964 m
Posición maestra	Xm	77,372 m
Manga	B	25 m
Puntal	D	14,4 m
Calado de verano	T	10,5 m
Calado de escantillonado	$Tesc$	11 m
Coeficiente de bloque	C_B	0,651

En la siguiente figura se muestran los datos de entrada en POSEIDON con estos valores.



2.2-. Módulo resistente mínimo de la sección maestra, W_{min} (I-P1 S.5 C2.1)

El cálculo del mínimo módulo requerido para la sección maestra, tanto en el fondo como en la cubierta resistente, se realiza según la siguiente expresión:

$$W_{min} = k \cdot c_0 \cdot L^2 \cdot B \cdot (c_B + 0{,}7) \cdot c_{RS} \cdot 10^{-6} \qquad (m^3)$$

Siendo el resultado el siguiente en el fondo:

Factor	***Símbolo***	***Valor***
Módulo mínimo de la sección.	W_{min}	7,278 m^3
Factor del material	k	1
Coeficiente de olas	c_0	8,999
Eslora	L	154,744 m
Manga	B	25 m
Coeficiente de bloque	c_B	0.651
Coeficiente de rango de servicio	c_{RS}	1

Al haber mezcla de materiales debemos tomar la solución más conservadora. Por esta razón se toma el factor del material igual a 1.

Siendo el resultado el siguiente en la cubierta:

Factor	***Símbolo***	***Valor***
Módulo mínimo de la sección.	W_{min}	5,240 m^3
Factor del material	k	0.72
Coeficiente de olas	c_0	8,999
Eslora	L	154,744 m
Manga	B	25 m
Coeficiente de bloque	c_B	0.651
Coeficiente de rango de servicio	c_{RS}	1

En este caso como todo el material que contribuye a la resistencia longitudinal en la cubierta es acero AH36 podemos tomar el valor de k correspondiente al mismo.

Como veremos después el valor de los módulos resistentes es menor que el valor final ya que, en el escantillonado de las partes debemos tener otros

factores en cuenta como las cargas a las que están sometidos, márgenes por corrosión, etc.

2.3-. Momento mínimo de inercia, I_y. (I-P3 S.5 C3)

El mínimo momento de inercia exigido se calcula por la expresión:

$$I_y = 3 \cdot 10^{-2} \cdot W \cdot \frac{L}{k} \qquad (m^4)$$

Utilizando el mínimo módulo resistente exigido, que es el de la cubierta, este valor es igual a:

I_y	33,786 m^4
W	5,240
L	154,744
k	0,72

Este valor debe ser menor que el que nos de la estructura.

3-. CONDICIONES DE CONTORNO. DESCRIPCIÓN DE LAS CARGAS DE DISEÑO.

En primer lugar vamos a describir las cargas para las cuales se ha diseñado la estructura, entendiendo como tales las cargas debidas a los pesos de la mercancía transportada, las presiones de los tanques y la presión hidrostática externa en el forro.

Estos valores habrá que combinarlas para encontrar las solicitaciones de diseño a las que se verán sometidos los elementos de la estructura. Estos valores combinados los calcula POSEIDON directamente en el proceso de escantillonado, y su valor se puede consultar en las columnas “stat”, “dyn” y “p2” de las tablas de los Anexos III (para planchas) y IV (para perfiles).

*3.1-. **Solicitaciones debidas a la carga transportada.***

En el cuaderno 9 se han estudiado diversas formas de carga del buque siguiendo el principio de carga homogénea. Esto consiste en tomar el peso muerto de diseño del buque (20000 toneladas), quitarle el peso debido a los consumos y repartir el peso como si de una carga homogénea se tratase. Para ello se dividió el peso de la carga entre el volumen útil de carga (24000 m^3) y luego se multiplicó por el volumen de cada espacio de carga. Esto dio lugar a una serie de pesos en cada volumen del buque. Al dividirlos por la superficie que soporta esos pesos obtenemos las cargas por unidad de área que deben soportar cada uno de los miembros de la estructura (tapa del doble fondo, entrepuentes o tapa de brazola en cada caso).

Una vez obtenidas las cargas en cada condición se han tomado las mayores cargas que se deben soportar y como medida de seguridad se han aumentado en un diez por ciento (10%). A estos valores los llamaremos “cargas estáticas”.

Por último, estos valores deben ser corregidos por un factor debido a las aceleraciones que sufre la carga como consecuencia de los movimientos del

buque. Estos valores serán las “cargas corregidas” y son las que necesitamos para escantillonar la estructura correctamente.

En el caso de la carga en los entrepuentes y los contenedores en la brazola la carga corregida viene dada en el apartado I-P1 S 4 C.1.1:

$$p_{CC} = p_E \cdot (1 + a_v) \quad ({}^{kN}/_{m^2})$$

Donde:

- p_E es la “carga estática” calculada anteriormente.
- a_v es el factor de aceleración, que para la zona central del buque vale:

$$a_v = m \cdot F = m \cdot 0{,}11 \cdot \frac{v_0}{\sqrt{L}} = 1 \cdot 0{,}11 \cdot \frac{19{,}5}{\sqrt[2]{154{,}744}} = 0{,}172$$

En el caso del doble fondo el cálculo es algo diferente y viene especificado en I-P1 S 4 C.2.1:

$$p_{DF} = 9{,}81 \cdot \frac{G}{V} \cdot h \cdot (1 + a_v) \quad ({}^{kN}/_{m^2})$$

Donde:

- G es la masa en toneladas de la carga a transportar sobre el doble fondo.
- V es el volumen de la bodega.
- h es la altura máxima de la carga en la bodega.

Con todo esto hemos llegado a las siguientes cargas de diseño para la estructura debido a la mercancía transportada.

Elemento	***Carga estática***	***Carga corregida***
Tapa del doble fondo	$80\ kN \cdot m^2$	$94{,}6\ kN \cdot m^2$
Entrepuentes	$35\ kN \cdot m^2$	$41\ kN \cdot m^2$
Brazola	$100\ kN \cdot m^2$	$117\ kN \cdot m^2$

*3.2-. **Carga de diseño de la cubierta principal.***

En el caso de la cubierta principal, que se corresponde con la cubierta de intemperie y no soporta carga, la carga de diseño viene especificada por las Reglas en su punto (I-PI S.4 B.1.1). La carga de diseño viene dada por las siguientes fórmulas:

$$p = p_0 \frac{20 \cdot T}{(10 + z - T) \cdot H} \cdot c_D$$

$$p_0 = 2{,}1 \cdot \left(C_{B+0{,}7}\right) \cdot c_0 \cdot c_L \cdot f$$

El resultado de estas fórmulas lo hemos reflejado en la siguiente tabla:

Factor	***Símbolo***	***Valor***
Carga en cubierta de intemperie	p	$29\ kN \cdot m^2$
Carga básica dinámica externa	p_0	$25{,}5\ kN \cdot m^2$
Calado	T	$11\ m$
Puntal	H	$14{,}4\ m$
Altura del centro de carga	z	$14{,}4\ m$
Factor de distribución de carga en cubierta	c_D	1
Coeficiente de bloque	C_B	0,651
Coeficiente de la ola	c_0	8,999
Coeficiente de longitud	c_L	1
Factor de probabilidad	f	1

*3.3-. **Solicitaciones en los tanques.***

El cálculo de las cargas en tanques se realiza a través de la Regla I-P1 S 4 D.1 teniendo en cuenta que los tanques de lastre van completamente llenos y que tenemos el rebose de los mismos a una altura de 760 mm sobre la cubierta principal, que es la altura mínima exigida por las Reglas en I-P1 S 12 A.2. Además se ha supuesto que los tanques de lastre no tienen válvulas de alivio.

En la siguiente tabla se muestran los valores de las presiones ejercidas por las cargas de los tanques de lastre en distintos elementos horizontales de la estructura calculados con el programa GL Rules ND de Germanischer Lloyd.

El signo menos indica que el sentido de la fuerza en la dirección vertical es hacia abajo.

Elemento	***Presión de servicio***	***Presión estática máxima***
Fondo	$-150{,}4\ kN \cdot m^2$	$-148{,}7\ kN \cdot m^2$
Doble fondo	$135{,}9\ kN \cdot m^2$	$134{,}0\ kN \cdot m^2$
Doble fondo-tanque de lastre lateral	$-202{,}9\ kN \cdot m^2$	$-186{,}9\ kN \cdot m^2$
Tanque de lastre lateral bajo-segundo entrepuente	$124{,}9\ kN \cdot m^2$	$119{,}3\ kN \cdot m^2$
Tanque de lastre lateral medio-segundo entrepuente	$-157{,}0\ kN \cdot m^2$	$-148{,}7\ kN \cdot m^2$
Tanque de lastre lateral medio-primer entrepuente	$125{,}0\ kN \cdot m^2$	$119{,}3\ kN \cdot m^2$
Tanque de lastre lateral alto-primer entrepuente	$-157{,}0\ kN \cdot m^2$	$-148{,}7\ kN \cdot m^2$
Tanque de lastre lateral alto-cubierta principal	$124{,}9\ kN \cdot m^2$	$119{,}3\ kN \cdot m^2$

3.4-. ***Solicitaciones hidrostáticas en el forro.***

El agua exterior ejercerá una presión sobre el casco en función de la profundidad a la que se encuentren los distintos elementos. En el fondo esta presión será constante y en el forro disminuirá de forma lineal.

Para calcular estos valores debemos acudir a I-P1 S 4 B.3 para calcular la presión en el fondo y a I-P1 S 4 B.2 para los costados.

4-. PLANTEAMIENTO DE LA ESTRUCUTRA.

4.1-. Elementos longitudinales.

En este apartado vamos a describir geométricamente la estructura a diseñar, estableciendo la distribución de longitudinales, vagras, varengas, palmejares, traqueados de planchas, etc. Después, en los siguientes apartados, calcularemos los escantillones necesarios de la estructura planteada y finalmente comprobaremos que se cumplen las condiciones necesarias de resistencia dadas en el apartado 2.

Partimos de la base de una estructura longitudinal ya que para buques de más de 100 metros de eslora por razones de ahorro de peso, facilidad constructiva y tipo de buque es la más adecuada como ya se justificó en el apartado 1.2.

Geométricamente tenemos que escantillonar una estructura con la siguiente topología:

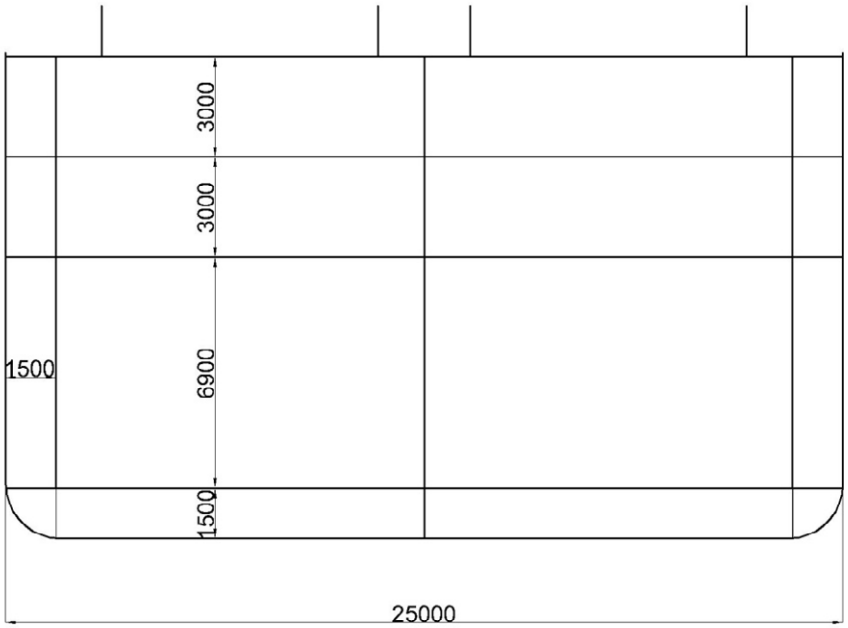


Figura 1. Topología de la estructura.

Tenemos una estructura simétrica en el sentido longitudinal que cuenta con una bodega a cada costado con un puntal de 6,9 metros, más dos entrepuentes de 3 metros de puntal cada uno. Ya se justificó que el puntal elegido para estos espacios es consecuencia de la altura de los contenedores normalizados, de forma que podamos introducir dos contenedores en altura en las bodegas y uno en cada entrepuente con las escotillas cerradas.

Rodeando a estos espacios de bodega tenemos un doble fondo y doble casco. La altura mínima del doble fondo viene establecida en I-P1 S 8 B.2.2.1 de tal forma que:

$$h = 350 + 45 \cdot B = 350 + 45 \cdot 25 = 1475\, mm$$

En el presente proyecto la altura de doble fondo se estableció en 1500 mm ya que se comprobó que el espacio de bodegas era suficiente y podríamos aumentar el volumen de lastre en la parte baja del buque.

La anchura del doble casco se estableció como ya se dijo en función del volumen de lastre necesario y la facilidad de paso respetando unos valores normales de esta medida.

El primer elemento establecido es la quilla vertical. Esta será continua y estanca en toda la zona de bodegas del buque y será el mamparo de separación entre los tanques de laste de doble fondo de babor y estribor. Para rigidizarla se ha dispuesto a la mitad de su altura y por los dos costados de un longitudinal, y en todas las cuadernas que no tienen varenga un barraganete que con una manga de 688 mm que es donde se encuentra la segunda línea de longitudinales.

El siguiente elemento de la geometría de la estructura que nos viene impuesto por las Reglas es la disposición de las vagras. En el apartado I-P1 S 8 B.3.1 de las Reglas dice que: si la distancia entre la quilla vertical y el costado del buque excede de 10,5 metros, se deben disponer tres vagras en cada costado, y además, la distancia entre vagras no debe superar los 3,5 metros si hay más de tres. Aplicando esto tenemos que hay que disponer en principio

tres vagras pero como la distancia entre ellas debe ser menor de 3,5 metros nos resultan cuatro vagas. Para distribuirlas hemos extendido el doble casco hasta el fondo del buque, y la distancia entre la línea central y el doble casco la hemos dividido en cuatro partes. De esta forma tenemos las cuatro vagras necesarias con una distancia entre ellas de 2750 milímetros. Las vagras contarán con una abertura circular centrada verticalmente en la mitad del puntal y longitudinalmente en la distancia media entre dos varengas. El área de esta abertura viene establecida en I-P1 S 12 G.1 donde dice que el área de las aberturas en mamparos de balance debe ser mayor del 5% del área del mamparo y menor del 10%, por esto el diámetro de las aberturas es de 500 mm. Alrededor de las aberturas se han dispuesto llantas de cara para reforzar la vagra adecuadamente.

A continuación hemos tendido los longitudinales del doble fondo. Estos serán continuos en toda la eslora del buque. Partimos de un vano entre vagras de 2750 milímetros, de la condición de alinear todos los longitudinales en vertical desde el fondo hasta la cubierta principal y de tener un coeficiente de aspecto en los paneles de las planchas mayor de 2,24, que es el valor normal de cálculo para paneles planos establecido en las Reglas.

El coeficiente de aspecto se define como el cociente entre la eslora de la porción de plancha sujeta por refuerzos y la manga. La eslora, a, será la distancia entre varengas que es 1550 milímetros, valor que se justificará después, y la manga, b, es el valor que queremos calcular.

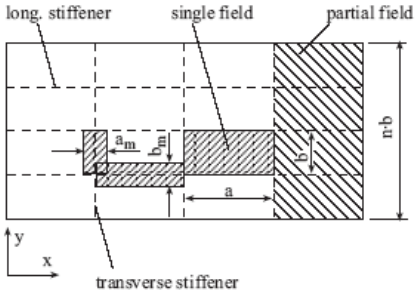


Figura 2. Coeficiente de aspecto.

Con el valor del coeficiente de aspecto de 2,24 nos sale una separación de longitudinales de 692 milímetros. Si dividimos la separación entre vagras por este número nos salen 3,97 longitudinales. Para cuadrar estos números se ha tomado una separación de 688 milímetros y cuatro longitudinales. Además estos longitudinales se han alineado para que queden en línea con las aberturas de las escotillas. A este tendido se le añaden cuatro longitudinales más en la zona de crujía: dos en el fondo en cada costado a 344 mm de crujía, los cuales vienen exigidos por las Reglas en I-P1 S 6 B.5.2 donde dice que la quilla horizontal debe estar reforzada por longitudinales separados no más de 500 mm, y otros dos en el doble fondo en línea con los anteriores que utilizaremos para soportar el mamparo corrugado de crujía.

El siguiente paso ha sido distribuir los longitudinales en el costado. Para ello se han probado distintas configuraciones en la bodega, encontrando que con un espaciado en la bodega de 765 mm se llegaba a un buen compromiso de número de refuerzos y escantillones de los mismos. En el tanque de bodega y a una altura de 4560 mm desde la línea base coincidiendo con el longitudinal cuarto se ha dispuesto un palmejar de costado a costado del doble casco. Esto se ha hecho debido al gran puntal de este tanque, de forma que el forro y el mamparo estén unidos evitando una excesiva flexión de los longitudinales medios, además de permitir una fácil inspección del tanque. En el caso de los entrepuentes se han dispuesto tres longitudinales espaciados 750 mm por las mismas razones de compromiso que en el tanque de bodega.

Los longitudinales del mamparo de doble casco se han alineado con los del forro para mantener una distribución uniforme de las cargas y una uniformidad en la estructura.

Para el refuerzo longitudinal de los entrepuentes y la cubierta principal se ha utilizado la misma distribución que para el doble fondo dejando los refuerzos alineados. Coincidiendo con las vagras del fondo se han dispuesto las esloras con sección en T y con una altura de alma que permita su encastramiento en el alma de los baos de las aberturas de las escotillas.

Las aberturas de las escotillas se han reforzado con esloras y baos en L con el ala hacia fuera para soportar la tapa de las escotillas y fuera de la línea de carga de los contenedores para no interferir con las operaciones de carga y descarga.

La estructura de las escotillas no se ha estudiado debido a que por ser elementos removibles no contribuyen eficazmente a la resistencia estructural del buque, pero deberían estar coordinadas con la estructura de forma que aseguran la continuidad de ésta.

En el caso del refuerzo longitudinal de los entrepuentes, palmejares y doble fondo en la zona de tanques se ha tenido en cuenta las aberturas practicadas en el palmejar del tanque de bodegas de forma que todos los refuerzos queden alineados.

En el caso del pantoque se han pensado diversas soluciones eligiendo la disposición de una consola que llene toda el área intersección del doble fondo con el doble casco en cada cuaderna. Los motivos de esta elección son: facilidad constructiva al no tener que poner longitudinales en una zona curva y aporte de gran rigidez en esta zona tan sensible al pandeo. Esta consola se ha rigidizado con los refuerzos verticales alineados con los longitudinales de los entrepuentes, los cuales estarán despuntados en la parte inferior y soldados a los longitudinales en la parte superior.

Ahora pasamos a la brazola de escotilla de la cubierta principal. Como ya se dijo en 1.2 se ha incluido esta estructura en el cómputo de los elementos que contribuyen a la resistencia longitudinal del buque. Esto se ha hecho para reducir el peso de la estructura con un elemento ya existente que además al estar muy alejado de la fibra neutra contribuye en gran manera a aumentar el módulo resistente referenciado a la cubierta, concepto delicado en los buques con grandes aberturas de escotillas. La brazola está constituida por una plancha vertical en línea con la abertura de la escotilla, la cual está reforzada en la mitad de su puntal por una llanta longitudinal, y una tapa que soportará la

escotilla. Este conjunto está reforzado por barraganetes dispuestos en cada cuaderna que son los que soportarán el peso de los contenedores sobre la escotilla.

En cuanto a elementos longitudinales sólo nos falta describir el mamparo longitudinal de crujía. Este es un mamparo corrugado con la disposición que se muestra en la figura siguiente:

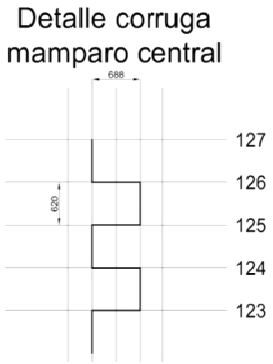


Figura 3. Mamparo de crujía.

Esta corruga nos va a permitir hacer coincidir un plano transversal de la misma con las bulárcamas donde se unirán las consolas que soportan los entrepuentes. La manga de la corruga se ha elegido de forma que los planos paralelos a crujía queden sobre el primer longitudinal del doble fondo.

Con todo lo dicho hasta aquí tenemos una distribución de elementos longitudinales como la que muestra la siguiente figura:

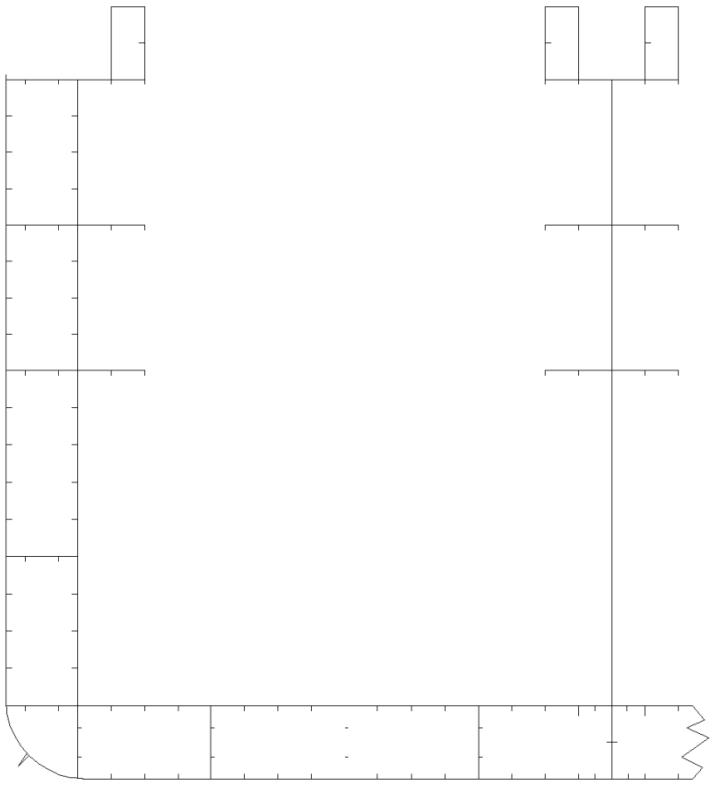


Figura 4. Distribución de elementos longitudinales.

La orientación de los espesores de los elementos longitudinales es hacia crujía excepto en las esloras que bordean las aberturas de carga en su parte exterior para que no interfieran con las operaciones de carga y en los longitudinales adosados a los barraganetes de la quilla vertical para unirlos al mismo por el lado plano. Los longitudinales de los costados están orientados hacia debajo de forma que no quede agua de lastre retenida entre el alma y el ala del perfil.

*4.2-. **Elementos transversales.***

La clara de bulárcamas en este buque es de 3100 mm, es decir, cinco claras de cuadernas. Esto hace posible que los mamparos de separación de bodegas y las brazolas transversales queden alineadas con una bulárcama.

Las bulárcamas estarán formadas por chapas transversales que ocupen toda el área del anillo transversal en el doble fondo y doble casco. Todos estos elementos serán discontinuos.

El primer elemento estudiado son las varengas. La distribución de varengas será diferente al del resto de elementos debido a la notación de la clasificación del buque que lo certifica para el transporte de cargas pesadas. Si vamos al apartado I-P1 S 23 A.2.1 de las Reglas nos dice que: para estructuras longitudinales el espaciado entre varengas no debe ser, en general, mayor que la altura del doble fondo. Como tenemos una altura de doble fondo de 1500 mm y la separación entre bulárcamas es de 3100 mm hemos optado por poner una varenga intermedia con lo que la separación final entre varengas es de 1550 mm, algo superior al requerimiento de las Reglas pero aceptable a la vista de que no es una indicación estricta. Debe tenerse en cuenta que esta varenga intermedia no coincide con una cuaderna, sino que cae entre dos de las mismas, esto no es problema ya que al ser la estructura completamente longitudinal esto no es un factor decisivo en la unión con otros elementos.

Las varengas estarán provistas de aberturas suficientes para permitir el paso de lastre sin problemas y con un tamaño que permita el paso de un hombre con equipo de respiración autónomo, pero no superando un puntal de más del 60% de la altura del doble fondo. Para rigidizarlas se han dispuesto refuerzos verticales alineados con los refuerzos longitudinales.

En el caso del doble casco se han dispuesto chapas que van desde el doble fondo hasta el palmejar, desde el palmejar al segundo entrepuente y entre los entrepuentes. Todas estas chapas cuentan con un paso de hombre cuyo borde inferior está a 400 mm del piso inmediatamente inferior para facilitar el paso. Estas chapas están rigidizadas por refuerzos verticales alineados con los longitudinales horizontales de los entrepuentes y doble fondo.

Para sujetar los entrepuentes y la cubierta superior en la zona de carga se han dispuesto unas consolas en cada bulárcama que van desde el doble

casco hasta la abertura de la escotilla. El cálculo de estos elementos es muy delicado, tanto, que en las Reglas se exigen cálculos específicos de estos elementos a ser posible por el método de los elementos finitos que es lo que se ha hecho. Estas consolas están rigidizadas por medio de flanjas.

Al ser una estructura de tipo longitudinal todos los elementos transversales tienen los pasos necesarios para permitir la continuidad de los elementos longitudinales. Estos pasos servirán a su vez para permitir el correcto drenaje de los tanques.

En cuanto a la brazola en el sentido transversal se ha utilizado la misma estructura que en sentido longitudinal. El estudio de resistencia de la misma se ha llevado a cabo por el método de los elementos finitos.

Por último describiremos los mamparos de separación de bodegas. Estos son estancos y cubren toda la sección transversal. Se han diseñado en forma de planchas planas rigidizadas por refuerzos verticales. Estos refuerzos verticales están en línea con los elementos longitudinales de la estructura y están conectados a los mismos por medio de consolas. En la bodega se ha dispuesto un palmejar en línea con el palmejar longitudinal del doble casco y continuo para reducir el vano de los refuerzos verticales. El perfil de este palmejar es en L con el ala hacia abajo para evitar la retención de líquidos u objetos.

Los elementos longitudinales de la estructura pasan de forma continua a través de los mamparos y la estanqueidad se consigue por medio de la disposición de las correspondientes corbatas.

*4.3-. **Traqueado.***

En este apartado vamos a describir la forma en la que se ha traqueado la estructura.

Partimos de la condición de evitar que los límites de las chapas no queden cercanos en la medida de lo posible a los refuerzos para facilitar la construcción. Además intentaremos utilizar en la medida de lo posible chapas

de ancho comercial (1800mm, 2400 mm ó 3200 mm) a las que daremos una demasía para compensar los efectos de contracción de las chapas en los procesos de soldadura y pérdida de anchura por la preparación de bordes.

En el caso del forro tenemos impuestos los anchos mínimos para la quilla horizontal y para la traca de cinta. Las Reglas a seguir son la I-P1 S 6 B.5 para la quilla y la I-P1 S 6 C.3 para la traca de cinta, además de la I-P1 S 6 B.4 que establece el ancho mínimo del pantoque. En los tres casos la fórmula a emplear es la misma:

$$h = 800 + 5 \cdot L = 800 + 5 \cdot 154{,}744 = 1574\, mm$$

Como resultado de estas limitaciones, tratando de usar chapas de un ancho de 2400 mm con 5 cm de demasía y añadiendo en la parte baja del costado por encima del pantoque una traca de acero AH-36 para evitar un escantillonado inadmisible del primer longitudinal, tenemos la distribución de chapas en el forro que aparece en el plano.

Como se puede apreciar los bordes de las chapas quedan alejados de las uniones con los entrepuentes y vagras, lo que facilita la construcción.

En el traqueado del doble fondo se han seguido los mismos principios y se han dado márgenes de 100 mm tanto en crujía como en la parte del doble casco para que los mamparos verticales y la quilla no caigan en la costura de las chapas.

En los entrepuentes y la cubierta principal el traqueado viene impuesto por la abertura de la escotilla y la condición de que las costuras caigan fuera de la huella de los mamparos verticales.

En el mamparo de crujía se ha optado por construir el mamparo continuo desde el doble fondo hasta el entrepuente de forma que la soldadura entre porciones de mamparo sea vertical y recta, lo que facilita la construcción. En los entrepuentes los paños ocupan todo el puntal de los mismos.

En el doble casco se ha usado el mismo principio que para el forro y las cubiertas en la bodega. En los entrepuentes se utiliza una sola chapa desde la cubierta inferior a la superior.

Cada elemento componente de la bulárcama y las consolas estará formado por una sola chapa.

En el mamparo estanco se ha traqueado la bodega de forma que el palmejar de la misma quede dentro de una chapa, por lo que está dividido en tres paños en altura. Los entrepuentes y tanques están formados por chapas únicas.

*4.4-. **Materiales.***

En este apartado se describe la distribución de los materiales empleados.

Como ya se dijo en 1.2 se ha utilizado en el diseño de la estructura mezcla entre acero naval normal y acero naval de alta resistencia con límite elástico de 355 N/mm^2 (AH-36). Esto nos va a dar la ventaja de reducir considerablemente el peso de la estructura cumpliendo con los requerimientos de resistencia, lo cual repercute directamente en los costes de explotación del buque. Además al manejar espesores menores el trabajo de preparación de los bordes, despuntes, etc. es menor.

El acero de alta resistencia se ha utilizado en todos los elementos longitudinales hasta el doble fondo e incluido el pantoque y la traca del costado inmediatamente superior y en los elementos longitudinales por encima de un puntal de 11,4 metros. El grado del acero empleado es el A lo cual se determina a través de los estipulado en las reglas en I-P1 S 2 B.2 y B.3.

En el resto de elementos se ha utilizado acero normal con un límite elástico de 235 N/mm^2.

5-. ESCANTILLONADO DE LAS PLANCHAS DE LA ESTRUCTURA.

Se ha optado por separar los cálculos de los elementos de la estructura en planchas y perfiles. Este es el modo en que se hace en POSEIDON y de la forma en que presenta los resultados, por lo que nos ha parecido la forma más apropiada.

*5.1-. **Forro exterior.***

En el escantillonado del forro del buque debemos distinguir cuatro zonas: fondo, pantoque, costado y traca de cinta.

Para el escantillonado de estos elementos debemos regirnos por la sección I-P1 S 6 de la Reglas.

- ***Escantillonado del fondo.***

El escantillón de las chapas del fondo para buques de más de 90 metros de eslora se calcula por medio de las fórmulas recogidas en I-P1 S 6 B 1.2.

Además de esto debemos tener presente que las chapas del fondo son limitadoras de los tanques de lastre del fondo por lo que también es aplicable la sección I-P1 S 12 de las Reglas relativa a las estructuras en tanques. En concreto en I-P1 S 12 A.7 se establece el valor mínimo del espesor en:

$$t_{min} = 5{,}5 + 0{,}02 \cdot L = 5{,}5 + 0{,}02 \cdot 154{,}744 = 8{,}6\ mm$$

Como resultado de todas las consideraciones anteriores tenemos que el espesor de las chapas del fondo del buque de acero AH-36 es de 11 mm para las planchas del fondo menos para la quilla horizontal cuyo espesor debe ser 2 mm superior, es decir, 13 mm.

En el Anexo III se pueden ver los resultados de los cálculos llevados a cabo con POSEIDON donde las chapas del fondo son la QHB, T1FB, T2FB, T3FB, T4FB, QHE, T1FE, T2F2, T3FE, T4FE. En

esta tabla podemos comprobar que el espesor mínimo requerido es de 10,6 mm, como este espesor no es comercial y hemos abandonado los medios milímetros, el espesor establecido será de 11 mm.

En la siguiente figura tenemos el cálculo directo del espesor de las planchas del fondo utilizando GL Rules ND:

```
GLRULES ND 1.200, Edition 2004 (GLRules- Part)
Copyright © 2004 by Germanischer Lloyd                                  Germanischer Lloyd

                    G E R M A N I S C H E R   L L O Y D
                    ***********************************
                    ***                             ***
                    ***        G L - R U L E S      ***
                    ***                             ***
                    ***         RULES PROGRAM       ***
                    ***                             ***
                    ***********************************
                              SHIP  TECHNOLOGY
                         PART 1  -  SEAGOING  SHIPS
                             CHAPTER 1  -  HULL

                              2 0 0 4 EDITION

                     GLRulesND VERSION :  1.200  (2004-04-30)

              (c) Copyright Germanischer Lloyd AG, Hamburg 1993-2004

                Section 6      bottom plating and flat plate keel

                                    Parameter
distance betw.aft end of length L at position x ..x                 77,37 [m]
material factor ...................................k                 0,720
stiffening system : ..............................        long.framing syst.
frame spacing .....................................a                 0,688 [m]
breadth of plate panel ............................b                 1,500 [m]
max. bottom design hull girder bending stress ....Sigma-LB         126,000 [N/mm**2]
by 0, the first approximate value will be used
max. design shear stress due to longitudinal hull Tau-L             9,000 [N/mm**2]
max. hull girder bending/shear stress (N/mm**2) ..SigP,Tau   126,0;    9,0 [N/mm**2]
tanks (4=cargo -    to    8=freshwater tank) : ...        water b.(cargo h.

                                    Results
required plate thickness ..........................t                10,555 [mm]
required plate thickness (within 0.4L) ............t                10,555 [mm]
required plate thickness at the ends ..............te                0,000 [mm]
plate thickness ...................................t1                9,957 [mm]
plate thickness ...................................t2                9,724 [mm]
Guidance value for critical plate thickness ......t                 10,458 [mm]
Thickness according to Buckling Strength .........tbeul              7,500 [mm]
min. plate thickness ..............................tmin            10,555 [mm]
thickness of the flat plate keel ..................tk               12,555 [mm]
min. width of the flat plate keel .................b              1573,720 [mm]
```

- ***Escantillonado del pantoque.***

El espesor de la chapa de pantoque se calcula por las mismas fórmulas que el espesor de las chapas del fondo. Pero en este caso al haber dispuesto los refuerzos transversales en vez de longitudinales el vano de esta parte se reduce hasta 620 mm. El resultado de espesor mínimo es de 10,6 mm. En este caso en vez de usar un espesor de 11 mm hemos puesto una plancha de 12 mm. Esto se ha hecho porque la traca baja del costado va a ser de 14 mm y como se piden transiciones

no bruscas de los espesores se ha optado por poner un espesor intermedio entre los 11 mm del fondo y los 14 mm de la citada traca de costado.

En el cálculo de esta plancha también se han tenido en consideración el hecho de que es parte de un tanque de lastre.

En el Anexo III se pueden ver los cálculos de esta plancha que está nombrada como Pantoque B y Pantoque E.

- ***Escantillonado del costado.***

El escantillonado de las planchas del costado está en función de la altura respecto a la línea base a la que se encuentren las tracas.

Estas planchas estarán sometidas por un lado a la presión hidrostática del mar, que es función del calado, y por otro, a la presión hidrostática del lastre de los tanques, que es función del puntal.

Para el escantillonado de estas planchas debemos ir al apartado I-P1 S 6 C.1.2 donde tenemos las fórmulas correspondientes para calcular el espesor de las planchas.

El espesor de estas planchas es el que se muestra a continuación ordenadas de abajo a arriba:

- 1ª Traca.....AH 36.....12 mm
- 2ª Traca.....Acero normal.....13 mm
- 3ª Traca.....Acero normal.....13 mm
- 4ª Traca.....Acero normal.....13 mm
- 5ª Traca.....Acero normal.....13 mm

La primera traca es de acero de alta resistencia ya que esta zona está sometida a grandes esfuerzos debidos a la torsión como se puede ver en el Anexo IV. Como además esta zona es la parte baja del tanque de lastre los esfuerzos hidrostáticos también son grandes. Esto da como resultado un

espesor de no menos de 18 mm en esta zona para acero normal, por lo que se ha decidido utilizar acero de alta resistencia.

Los resultados de POSEIDON se pueden ver en el Anexo III en las entradas TC1B, TC2B, TC3B, TC4B y TC5B para babor y TC1E, TC2E, TC3E, TC4E y TC5E para estribor.

- ***Escantillonado de la traca de cinta.***

La traca de cinta se calcula de forma diferente al del resto de las planchas del costado por lo que se estudia aparte.

En primer lugar en I-P1 S 6 C.3.1 se nos establece la anchura mínima de esta traca. La discusión de este valor ya se realizó en el apartado 4.

El espesor se calcula según I-P1 S 6 C.3.2 donde se nos dice que el espesor no debe ser menor que el mayor de los valores dados por el escantillón de la plancha como otra cualquiera de costado o la semisuma de este valor y el espesor de la traca de unión en cubierta.

El espesor resultante de esta chapa calculada como si fuera cualquier otra de costado es 10,6 mm, y la traca de unión en la cubierta principal también es 10,6 mm. Por tanto, el espesor de esta chapa debería ser de 11 mm como mínimo. Pero en lugar de 11 mm se ha aumentado el espesor hasta los 13 mm ya que esta chapa contribuye significativamente a la resistencia longitudinal y nos sirve para aumentar el módulo de la sección respecto a cubierta y dar continuidad al espesor del resto de las planchas de costado.

Los resultados de POSEIDON se pueden ver en el Anexo III en las entradas TC6B para babor y TC6E para estribor.

5.2-. ***Doble Fondo.***

El escantillonado de las planchas del doble fondo se rige por la Regla I-P1 S 7 B.4 teniendo en cuenta que es estanco y forma parte de un tanque de lastre.

En la siguiente figura se puede ver la aplicación de esta regla con la ayuda de GL Rules ND.

GLRULES ND 1.200, Edition 2004 (GLRules- Part)
Copyright © 2004 by Germanischer Lloyd
Germanischer Lloyd

```
G E R M A N I S C H E R   L L O Y D
***********************************
***                             ***
***        G L - R U L E S      ***
***                             ***
***         RULES PROGRAM       ***
***                             ***
***********************************
          SHIP  TECHNOLOGY
     PART 1  -  SEAGOING  SHIPS
         CHAPTER 1  -  HULL

          2 0 0 4 EDITION

GLRulesND VERSION :  1.200  (2004-04-30)

(c) Copyright Germanischer Lloyd AG, Hamburg 1993-2004

Section 8      double bottom : inner bottom

                    Parameter
distance betw.aft end of length L at position x ..x          77,37 [m]
notation affixed to the classification : 'G' .....             yes
material factor ...................................k          0,720
tanks (4=cargo -    to    8=freshwater tank) : ...     water b.(cargo h.
frame spacing .....................................a          0,688 [m]
breadth of plate panel ............................b          3,100 [m]
height of inner bottom above base line ...........h          1,500 [m]
cargo load (extra to section 4) ..................P         80,000 [kN/m**2]
inner bottom cargo load
type of compartments : ............................      cargo hold area
ceiling is fitted : ...............................             yes
top of overflow above base line ..................h2*       15,160 [m]

                    Results
required plate thickness ..........................t         17,373 [mm]
plate thickness ...................................t          9,005 [mm]
min. plate thickness ..............................tmin       8,595 [mm]
plate thickness for 'G' ...........................tG        17,373 [mm]
```

El espesor calculado para estas chapas es de 18 mm con acero de alta resistencia en las chapas que están en la bodega, y 13 mm para la chapa que está dentro del doble casco. Esta última tiene un menor espesor ya que no se encuentra sometida a la carga de la bodega.

En el Anexo III se pueden consultar los valores calculados con POSEIDON y las cargas de diseño. Las chapas correspondientes tienen la notación: T1DFB, T2DFB, T3DFB, T4DFB, T5DFB y T6DFB en babor y T1DFE, T2DFE, T3DFE, T4DFE, T5DFE y T6DFE en estribor.

*5.3-. **Cubierta superior.***

El escantillonado de la cubierta principal se rige por la Regla I-P1 S 7 A.7 teniendo en cuenta que se encuentra dentro de la línea de las aberturas de las escotillas.

El espesor calculado de estas chapas es de 11 mm.

En el Anexo III se puede comprobar este valor. Las chapas de la cubierta principal tienen la notación: T1CPB, T2CPB, T3CPB, T4CPB, T5CPB y T6CPB para babor y T1CPE, T2CPE, T3CPE, T4CPE, T5CPE y T6CPE para estribor.

En la siguiente figura tenemos el cálculo directo por medio de GL Rules ND:

```
GLRULES ND 1.200, Edition 2004 (GLRules- Part)                    Germanischer Lloyd
Copyright © 2004 by Germanischer Lloyd

                    G E R M A N I S C H E R   L L O Y D
                    ***********************************
                    ***                             ***
                    ***        G L - R U L E S      ***
                    ***                             ***
                    ***         RULES PROGRAM       ***
                    ***                             ***
                    ***********************************
                          SHIP  TECHNOLOGY
                     PART 1  -  SEAGOING  SHIPS
                         CHAPTER 1  -  HULL

                          2 0 0 4 EDITION

                GLRulesND VERSION :  1.200  (2004-04-30)

          (c) Copyright Germanischer Lloyd AG, Hamburg 1993-2004

                    Section 7      strength deck

                              Parameter
distance betw.aft end of length L at position x ..x                77,37 [m]
material factor ...................................k                0,720
frame spacing .....................................a                0,688 [m]
breadth of plate panel ............................b                3,100 [m]
cargo load (extra to section 4) ...................P              135,000 [kN/m**2]
height of load centre above base line .............z               16,000 [m]
position on deck : ...............................          inside hatchways
max. hull girder bending/shear stress (N/mm**2) ..SigP,Tau   192,0;   22,0 [N/mm**2]
section type parallel to the b-side : ............           bulb sections
structure in dry spaces (see section 3,K.3) : ....                     no
tanks (4=cargo -    to    8=freshwater tank) : ...            ballast tank

                              Results
required plate thickness ..........................t               10,579 [mm]
plate thickness ...................................t               10,579 [mm]
Thickness according to Buckling Strength .........tbeul             0,000 [mm]
min. plate thickness ..............................tmin            7,293 [mm]
```

*5.4-. **Entrepuentes.***

Para el cálculo del espesor de las planchas de entrepuente debemos acudir a la Regla I-P1 S 7 B.1.

El espesor resultante para estas planchas teniendo en cuenta las condiciones de carga a las que están sometidas es de 9 mm en acero normal.

En el Anexo III se pueden comprobar los resultados ofrecidos por POSEIDON en las entradas: T1E2B, T2E2B, T3E2B, T4E2B, T5E2B, T6E2B para el entrepuente bajo costado de babor, T1E2E, T2E2E, T3E2E, T4E2E, T5E2E, T6E2E para el entrepuente bajo costado de estribor, y, T1E1B, T2E1B, T3E1B, T4E1B, T5E1B, T6E1B para el entrepuente alto costado de babor, T1E1E, T2E1E, T3E1E, T4E1E, T5E1E, T6E1E para el entrepuente alto costado de estribor.

En la siguiente figura tenemos los cálculos de espesor de las chapas del entrepuente bajo con GL Rules ND:

GLRULES ND 1.200, Edition 2004 (GLRules- Part)
Copyright © 2004 by Germanischer Lloyd
Germanischer Lloyd

```
G E R M A N I S C H E R   L L O Y D
***********************************
***                             ***
***       G L - R U L E S       ***
***                             ***
***        RULES PROGRAM        ***
***                             ***
***********************************
          SHIP  TECHNOLOGY
     PART 1  -  SEAGOING  SHIPS
         CHAPTER 1  -  HULL

          2 0 0 4 EDITION

GLRulesND VERSION :  1.200  (2004-04-30)

(c) Copyright Germanischer Lloyd AG, Hamburg 1993-2004

Section 7      lower decks

                    Parameter
distance betw.aft end of length L at position x ..x          77,37 [m]
material factor ...............................k              1,000
frame spacing .................................a              0,688 [m]
breadth of plate panel ........................b              3,100 [m]
stiffening system : ...........................      long.framing syst.
mean tween deck height (if cargo deck) ........h              8,400 [m]
static cargo load .............................Pc            13,200 [kN/m**2]
number of the deck : ..........................           2nd deck
position on deck : ............................      inside hatchways
max. hull girder bending/shear stress (N/mm**2) ..SigP,Tau   126,0;   94,0 [N/mm**2]
section type parallel to the b-side : .........          bulb sections
f.girders of high rigidity(e.g.bottom transvers.)
structure in dry spaces (see section 3,K.3) : ....                 yes

                    Results
required plate thickness ......................t              8,595 [mm]
plate thickness ...............................t              7,284 [mm]
Thickness according to Buckling Strength ......tbeul          0,000 [mm]
min. plate thickness ..........................tmin           8,595 [mm]
```

*5.5-. **Doble casco.***

Para el cálculo del escantillón de las chapas de doble casco debemos tener en cuenta que se encuentran sometidas a las cargas de los tanques de

lastre, pero no a solicitaciones por la carga transportada ya que esta está compuesta por bultos que no se apoyan en estos mamparos.

Para su cálculo debemos acudir al capítulo I-P1 S 12 B.2 de estructuras en tanques. El espesor de las planchas dependerá de la presión a la que se vean sometidas las planchas por efecto de la presión de los tanques, por un lado, y que será menor cuanto más alta esté la chapa, y por el efecto de las tensiones debidas a los momentos flectores que actúan sobre la estructura, por otro, y que serán mayores cuanto más alejada de la fibra neutra se encuentre la plancha. Como resultado de esto, la chapa inferior de la bodega tiene un espesor de 10 mm, las siguientes chapas de 9 mm hasta la chapa superior que es otra vez de 10 mm.

Los resultados obtenidos se pueden consultar en el Anexo III en las entradas: T1DCBB, T2DCBB y T3DCBB para las chapas que están en la bodega en babor, T1DCBE, T2DCBE y T3DCBE para las chapas que están en la bodega en estribor, TDCMB para la chapa del entrepuente bajo en babor, TDCME para la chapa del entrepuente bajo en estribor, TDCAB para la chapa del entrepuente alto en babor, TDCAE para la chapa del entrepuente alto en estribor.

En la siguiente figura se muestran los resultados del cálculo del espesor de la traca inferior del doble casco con GL Rules ND:

GLRULES ND 1.200, Edition 2004 (GLRules- Part)
Copyright © 2004 by Germanischer Lloyd

Germanischer Lloyd

```
G E R M A N I S C H E R   L L O Y D
************************************
***                              ***
***        G L - R U L E S       ***
***                              ***
***         RULES PROGRAM        ***
***                              ***
************************************
          SHIP  TECHNOLOGY
     PART 1  -  SEAGOING  SHIPS
        CHAPTER 1  -  HULL

          2 0 0 4 EDITION

GLRulesND VERSION :  1.200  (2004-04-30)

(c) Copyright Germanischer Lloyd AG, Hamburg 1993-2004

Section 11      bulkhead plating for large deck openings

                          Parameter
distance betw.aft end of length L at position x ..x          77,37 [m]
material factor ...................................k          1,000
bulkhead : ......................................      other bulkheads
peaks : .........................................              yes
frame spacing , breadth of plate panel ...........a , b   0,77;  3,10 [m]
height of load centre above base line ............z          2,617 [m]
distance mid of hold to mid of hold ..............Deltal     12,500 [m]
section type parallel to the b-side : ............      bulb sections
height of damage waterline above baseline ........h         11,000 [m]
tanks (4=cargo -    to    8=freshwater tank) : ...       ballast tank
horizontal element : .............................               no
top of tank above base line ......................h1*        8,400 [m]
top of overflow above base line ..................h2*       15,160 [m]
dist.load centre-vertic.longitud.plane of tank ...y          0,750 [m]
overhead breadth of tank .........................b          1,500 [m]
heeling angle ....................................Phi       16,060 [degree]
density of the liquid / cargo ....................Rho        1,025 [t/m**3]
set pressure of pressure relief valve ............Pv         0,000 [bar]
or operating pres. during ballast water exchange
element in partially filled tanks : ..............               no

                          Results
required plate thickness .........................t          9,137 [mm]
plate thickness ..................................t          8,106 [mm]
plate thickness ..................................t1         8,448 [mm]
plate thickness ..................................t2         9,137 [mm]
min. plate thickness .............................tmin       8,595 [mm]

recommended plate thickness ......................t         11,051 [mm]
```

5.6-. *Mamparo de crujía.*

El mamparo de crujía es de tipo corrugado y será estanco, separando completamente los dos costados del buque. Para su cálculo debemos acudir a la sección I-P1 S 11 B.

En la parte B.2.1 tenemos las fórmulas necesarias para calcular el espesor de las chapas. Debemos calcularlas con la particularidad de que nuestro buque cuenta con grandes aberturas, por lo que tendremos que utilizar la fórmula correspondiente para este caso. En la siguiente figura podemos ver la salida de GL Rules ND para el caso de la traca de bodega. Y en el Anexo III podemos ver el espesor calculado en POSEIDON dentro de la estructura. Las entradas correspondientes de la tabla son: T1CRB, TCRM y TCRA para las

chapas de bodega, entrepuente intermedio y entrepuente alto respectivamente. El espesor final de estas chapas es de 9 mm.

El mamparo además de cumplir con un determinado espesor debe cumplir con la Regla I-P1 S 11 B.3 referente al módulo de su sección. Según esta regla el módulo de la sección del mamparo debe ser mayor de $683\ cm^3$. En este caso el módulo de la sección propuesta calculado según lo estipulado en las Reglas en I-P1 S 11 B.4.3 tiene un valor de $88042\ cm^3$.

GLRULES ND 1.200, Edition 2004 (GLRules- Part)
Copyright © 2004 by Germanischer Lloyd
Germanischer Lloyd

```
G E R M A N I S C H E R   L L O Y D
************************************
***                              ***
***        G L - R U L E S       ***
***                              ***
***         RULES PROGRAM        ***
***                              ***
************************************
          SHIP  TECHNOLOGY
     PART 1  -  SEAGOING  SHIPS
         CHAPTER 1  -  HULL

          2 0 0 4 EDITION

GLRulesND VERSION :  1.200  (2004-04-30)

(c) Copyright Germanischer Lloyd AG, Hamburg 1993-2004

Section 11      bulkhead plating for large deck openings

                          Parameter
distance betw.aft end of length L at position x ..x                77,37 [m]
material factor ...................................k                1,000
bulkhead : ......................................        corrugated bulkh.
peaks : .........................................                     no
frame spacing , breadth of plate panel ...........a , b      0,62;   6,90 [m]
height of load centre above base line ............z                4,950 [m]
distance mid of hold to mid of hold ..............Deltal          12,500 [m]
section type parallel to the b-side : ............              T-sections
height of damage waterline above baseline ........h               11,000 [m]

                           Results
required plate thickness .........................t                6,140 [mm]
plate thickness ..................................t                6,140 [mm]
min. plate thickness .............................tmin             6,000 [mm]

recommended plate thickness ......................t                8,516 [mm]
```

5.7-. ***Brazolas.***

Las brazolas que bordean las aberturas de las escotillas se calculan de acuerdo a lo estipulado en la sección I-P1 S 10 E de las Reglas.

Según esta Regla la brazola debe ser dimensionada de forma que no se superen una serie de esfuerzos en los elementos de la misma. Para calcular

estos esfuerzos de forma más exacta se ha recurrido al análisis por elementos finitos.

Al ser este un caso especial se ha decidido ponerlo a parte. Así para ver los cálculos de estos elementos remitimos al lector al apartado 7 del presente documento.

5.8-. ***Bulárcamas.***

Como ya se comentó en el apartado 1.2 las bulárcamas se distribuyen con una separación de cinco claras de cuaderna, es decir, cada 3100 mm. De esta forma se consigue una distribución uniforme de las mismas haciéndolas coincidir con los extremos de las escotillas y con los mamparos transversales. La excepción a esta regla está en las varengas que debido a la notación de clase de reforzado para cargas pesadas tienen una separación de dos claras y media, es decir, 1550 mm. La bulárcama está formada por un anillo transversal que comprende: las varengas y las chapas transversales en el doble casco. Toda esta estructura es discontinua debido al carácter longitudinal de la estructura general del casco.

Las varengas están formadas por planchas transversales que van de vagra a vagra ocupando toda la manga del buque desde el fondo al doble fondo. Tal y como se aconseja en la Regla I-P1 S 9 B.1.1 cuenta con los pasos correspondientes para el paso de los perfiles longitudinales de forro y doble fondo sin estorbar su continuidad. Además cuentan con aligeramientos suficientes para permitir el correcto paso del agua de lastre. Estos aligeramientos se han diseñado siguiendo la norma de que su altura no supere el 60% del puntal del doble fondo y está reforzada por perfiles verticales que van desde los longitudinales del fondo a los longitudinales del doble fondo tal y como se establece en I-P1 S 8 B.7.3.5. Para calcular su escantillón debemos acudir a la Regla I-P1 S 8 B.7.3, teniendo que se trata de un mamparo intermedio dentro de un tanque. Además la varenga debe tener un área transversal mínima.

En la siguiente figura se muestra el cálculo directo del espesor de las chapas con GL Rules ND:

```
GLRULES ND 1.200, Edition 2004 (GLRules- Part)                                   Germanischer Lloyd
Copyright © 2004 by Germanischer Lloyd

                    G E R M A N I S C H E R   L L O Y D
                    ***********************************
                    ***                             ***
                    ***        G L - R U L E S      ***
                    ***                             ***
                    ***         RULES PROGRAM       ***
                    ***                             ***
                    ***********************************
                              SHIP  TECHNOLOGY
                         PART 1  -  SEAGOING  SHIPS
                             CHAPTER 1  -  HULL

                              2 0 0 4 EDITION

                     GLRulesND VERSION :  1.200  (2004-04-30)

               (c) Copyright Germanischer Lloyd AG, Hamburg 1993-2004

                     Section 8      double bottom : floors

                                   Parameter
distance betw.aft end of length L at position x ..x                 77,37 [m]
material factor ...................................k                 1,000
type of compartments : ............................                  peaks
stiffening system : ...............................        long.framing syst.
tightness : .......................................          non-watertight
spacing of floor plates ...........................e                 1,550 [m]
unsupported span of the floor plate ...............l                 1,500 [m]
between longitudinal bulkheads, if any.
B, if logit. bulkh. are not fitted. Under 'form'
give breadth on shell side instead of B.
distance between supporting point of the .........y                 2,750 [m]
plate floor (ship's side,longitudinal bulkhead)
and the section considered
depth of centre girder as build ...................ha             1500,000 [mm]

                                   Results
required plate thickness ..........................t                 9,181 [mm]
sectional area of the web .........................A,Aw,Aw1           1,534 [cm**2]
at the supporting points
please also note sections 3,A.2; 3,E and 3,L
depth of centre girder as build ...................ha             1500,000 [mm]
thickness of the bracket ..........................t                 9,181 [mm]
breadth of bracket ................................b               937,500 [mm]
```

En el Anexo V podemos ver los resultados dados por POSEIDON para estos elementos. La notación correspondiente es VRB para la varenga de babor y VRE para la de estribor.

El resto de mamparos en el doble casco se calculan como estructuras en tanques por medio de la Regla I-P1 S 12 B.2. En la siguiente figura tenemos los resultados del cálculo con GL Rules ND donde se pueden ver los parámetros de cálculo.

GLRULES ND 1.200, Edition 2004 (GLRules- Part)
Copyright © 2004 by Germanischer Lloyd

Germanischer Lloyd

```
G E R M A N I S C H E R   L L O Y D
***********************************
***                             ***
***       G L - R U L E S       ***
***                             ***
***        RULES PROGRAM        ***
***                             ***
***********************************
          SHIP  TECHNOLOGY
     PART 1  -  SEAGOING  SHIPS
         CHAPTER 1  -  HULL

          2 0 0 4 EDITION

GLRulesND VERSION :  1.200  (2004-04-30)

(c) Copyright Germanischer Lloyd AG, Hamburg 1993-2004
```

Section 12 tank plating

Parameter

distance betw.aft end of length L at position x ..x		77,37	[m]
material factor .....k		1,000	
member of tank on shell		no	
longitudinal bulkhead :		no	
tanks (4=cargo - to 8=freshwater tank) : ...	ballast tank		
horizontal element :		no	
frame spacing , breadth of plate panel .....a , b	0,70;	1,73	[m]
height of load centre above base line .....z		3,000	[m]
top of tank / overflow above base line h1*,h2*	8,40;	15,16	[m]
dist.load centre-vertic.longitud.plane of tank ...y		0,750	[m]
overhead breadth of tank, heeling angle .....b,Phi	1,50;	16,06	[m,°]
density of the liquid / cargo .....Rho		1,025	[t/m**3]
set pressure of pressure relief valve .....Pv		0,000	[bar]
or operating pres. during ballast water exchange element in partially filled tanks :		no	

Results

required plate thickness .....t	8,595	[mm]
plate thickness t1	7,644	[mm]
plate thickness t2	8,381	[mm]
min. plate thickness .....tmin	8,595	[mm]

En el Anexo V tenemos los resultados para estas chapas de POSEIDON. La notación de las planchas es DCBB1 para la chapa inferior del tanque de costado inferior en babor, DCBB2 para la chapa que está encima de la anterior, DCMB para la chapa del tanque intermedio en babor, DCAB para la chapa del tanque superior en babor y DCEB1, DCEB2, DCME, DCAE para las planchas correlativas de estribor.

5.9-. ***Mamparos estancos.***

En los mamparos estancos podemos distinguir tres partes: las varengas, las chapas de los mamparos transversales en el doble casco y las chapas del mamparo en la zona de carga. Los dos primeros conjuntos de elementos se calculan de la misma forma que las bulárcamas paro con la particularidad de que son estancos. Las chapas de la zona de carga tienen la característica de que no soportan solicitaciones de la carga transportada, excepto en los mamparos de proa y popa de la bodega 3, la cual es inundable.

El resultado de los cálculos de las varengas con POSEIDON los podemos ver en el Anexo V. Las notaciones son VARB y VARE para babor y estribor respectivamente. El espesor resultante es de 11 mm.

El resultado de los cálculos de las planchas en el doble casco lo tenemos también en el Anexo V. La notación de las planchas es DCBB1 para la chapa inferior del tanque de costado inferior en babor, DCBB2 para la chapa que está encima de la anterior, DCMDB para la chapa del tanque intermedio en babor, DCALB para la chapa del tanque superior en babor y DCEB1, DCEB2, DCMDE, DCALE para las planchas correlativas de estribor.

En el caso particular de las planchas de los mamparos de proa y popa de la bodega 3 tenemos que calcularlos de acuerdo a los requerimientos de I-P1 S 12 B.2 ya que pertenecen a un tanque. En la siguiente figura se muestra el resultado de los cálculos de estas chapas con GN Rules ND.

```
GLRULES ND 1.200, Edition 2004 (GLRules- Part)                    Germanischer Lloyd
Copyright © 2004 by Germanischer Lloyd

                    G E R M A N I S C H E R   L L O Y D
                    ***********************************
                    ***                             ***
                    ***        G L - R U L E S      ***
                    ***                             ***
                    ***         RULES PROGRAM       ***
                    ***                             ***
                    ***********************************
                          SHIP  TECHNOLOGY
                     PART 1  -  SEAGOING  SHIPS
                        CHAPTER 1  -  HULL

                          2 0 0 4 EDITION

                 GLRulesND VERSION :  1.200  (2004-04-30)

          (c) Copyright Germanischer Lloyd AG, Hamburg 1993-2004

                  Section 12      tank plating

                          Parameter
distance betw.aft end of length L at position x ..x                 77,37 [m]
material factor ....................................k                1,000
member of tank on shell ...........................                    no
longitudinal bulkhead : ...........................                    no
tanks (4=cargo -    to    8=freshwater tank) : ...        water b.(cargo h.
horizontal element : ..............................                    no
frame spacing , breadth of plate panel ...........a , b      0,70;   1,73 [m]
height of load centre above base line ............z                4,950 [m]
top of tank / overflow above base line ...........h1*,h2*    8,40;  15,16 [m]
dist.load centre-vertic.longitud.plane of tank ...y                5,500 [m]
overhead breadth of tank, heeling angle ..........b,Phi      1,50;  20,00 [m,°]
element in partially filled tanks : ...............                   yes
heeling angle ....................................Phi             20,000 [degree]
density of the liquid / cargo ....................Rho              1,025 [t/m**3]
set pressure of pressure relief valve ............Pv               0,000 [bar]
or operating pres. during ballast water exchange
partially filled:location o.t.bulkheads in ship's         longitudinal direc
limiting the free liquid surface in the
ship's transverse direction
partially filled:distance between tank sides .....bt               11,000 [m]
or effective longitudinal wash bulkheads
at the height where the structure is located
dist. ............................................y1                6,900 [m]
structure located within lt/4 from the transverse                     no
bulkhead or effective transverse wash bulkhead :
limiting the free liquid surface in the
ship's longitudinal direction

                          Results
required plate thickness .........................t                 8,595 [mm]
plate thickness ..................................t1                7,109 [mm]
plate thickness ..................................t2                7,805 [mm]
min. plate thickness .............................tmin              8,595 [mm]
```

6-. ESCANTILLONADO DE LOS REFUERZOS.

La descripción de los distintos refuerzos de la estructura se hará siguiendo el mismo orden que para las planchas.

Los refuerzos serán de tipo bulbo salvo que se diga lo contrario. Esto nos permitirá obtener el módulo necesario en cada caso con un menor peso de acero que con otros tipos de refuerzos con un mismo módulo.

El tipo de acero utilizado en cada caso ya quedó descrito en el apartado 1.2.

En este apartado no se hará referencia a la distribución de los refuerzos, sólo al escantillón necesario en cada caso. Para conocer la distribución de los refuerzos remitimos al lector al apartado 4.

6.1-. ***Refuerzos del forro.***

- ***Refuerzos de la zona del fondo.***

Esta zona comprende los refuerzos del forro desde crujía hasta una semimanga de 11 metros.

Para calcular su escantillón debemos acudir a la Regla I-P1 S 9 B.3 donde se nos exige un módulo mínimo necesario y un área transversal mínima. Debemos tener en cuenta que los perfiles son de acero de alta resistencia (AH 36) y se encuentran formando parte de la estructura de un tanque. Si acudimos a la sección donde se calculan los perfiles para tanques (I-P1 S 12 B.3.2) nos dice que para los refuerzos que contribuyen a la resistencia longitudinal debemos acudir a la Regla antes mencionada.

Los perfiles resultantes de los cálculos en esta zona son: perfiles de bulbo de 260 mm de altura de alma por 10 mm de ancho (HP 260x10 AH36).

En el Anexo IV podemos ver los resultados dados por POSEIDON para estos perfiles los cuales son: de L1FORROB hasta L13FORROB para los de babor y desde L1FORROE hasta L13FORROE para estribor.

En la siguiente figura podemos ver una aplicación directa de los cálculos por medio de GL Rules ND para el perfil número 7.

```
GLRULES ND 1.200, Edition 2004 (GLRules- Part)                    Germanischer Lloyd
Copyright © 2004 by Germanischer Lloyd

                    G E R M A N I S C H E R   L L O Y D
                    ***********************************
                    ***                             ***
                    ***        G L - R U L E S      ***
                    ***                             ***
                    ***         RULES PROGRAM       ***
                    ***                             ***
                    ***********************************
                          SHIP  TECHNOLOGY
                     PART 1  -  SEAGOING  SHIPS
                         CHAPTER 1  -  HULL

                          2 0 0 4 EDITION

                GLRulesND VERSION :  1.200  (2004-04-30)

          (c) Copyright Germanischer Lloyd AG, Hamburg 1993-2004

           Section 9      longitudinals and deck longitudinals

                                  Parameter
distance betw.aft end of length L at position x ..x                 77,37 [m]
material factor ...................................k                 0,720
element group : ...................................                bottom
tanks (4=cargo -    to    8=freshwater tank) : ...                in tank
frame spacing , unsupported span .................a , l       0,69;   3,10 [m]
number of free supp. ends (0,1,2) ................                     0
height of load centre above base line, sum lk ....             0,00;   0,00 [m]
maximum design hull girder bending stress ........Sigma-L          126,000 [N/mm**2]
max. hull girder bending/shear stress (N/mm**2) ..SigP,Tau     66,0;    0,0 [N/mm**2]
struts are fitted : ...............................                  no
top of tank / overflow above base line ...........h1*,h2*      1,50;  15,16 [m]
dist.load centre-vertic.longitud.plane of tank ...y                 4,814 [m]
overhead breadth of tank .........................b                12,500 [m]
heeling angle ....................................Phi              16,060 [degree]
density of the liquid / cargo ....................Rho               1,025 [t/m**3]
set pressure of pressure relief valve ............Pv                0,000 [bar]
or operating pres. during ballast water exchange
ballast draft ....................................Tmin              8,184 [m]

                                  Results
required section modulus .........................W               354,652 [cm**3]
section modulus ..................................W               354,652 [cm**3]
section modulus ..................................W2              301,539 [cm**3]
sectional area of the web ........................A,Aw,Aw1          9,135 [cm**2]
Thickness according to Buckling Strength .........tbeul             3,500 [mm]
section modulus (buckling) .......................Wst              28,810
please also note sections 3,A.2; 3,E and 3,L
```

Como particularidades para estos refuerzos tenemos que según la Regla I-P1 S 6 B.5.2 al tener el buque una eslora mayor de 100 metros se nos exige un reforzado de la quilla horizontal espaciado no más de 500 milímetros.

En el escantillonado de estos refuerzos tenemos que el escantillón calculado corresponde al del perfil más alejado de crujía que es el mayor. El resto de perfiles están sometidos a menores cargas de torsión y a las mismas de flexión por lo que su escantillón podría ser menor. La decisión de ponerlos todos iguales responde a los principios de diseño descritos en el apartado 1.2. aunque podríamos haber puesto refuerzos más pequeños esto nos habría

llevado a un ahorro de peso mínimo y a un número de tipos de refuerzo grande, lo que complica las labores de producción.

- ***Refuerzos del pantoque.***

El reforzado del pantoque no se ha hecho mediante perfiles longitudinales. Esto hace más laboriosa su construcción al ser una zona curva y no resuelve del todo los problemas de pandeo en esta zona.

La solución adoptada ha sido poner una consola que ocupe todo el espaciado entré la vagra a 11 metros de la línea central y el pantoque.

Este elemento se calcula de la misma forma que la varenga por lo que no se repetirán aquí los cálculos.

Con esta solución pasamos a un reforzado transversal con un vano de 620 mm, con lo que esta zona queda rigidizada de una forma sencilla y muy eficiente.

- ***Refuerzos de costado.***

La Regla a seguir para calcular las dimensiones de estos refuerzos es la misma que para los longitudinales del fondo.

En este caso tenemos diferentes tipos de acero, el longitudinal inmediatamente encima del pantoque es de acero de alta resistencia al igual que los refuerzos que están por encima de los 11 metros de puntal, es decir, los tres superiores. El resto de refuerzos es de acero normal.

La razón por la que el refuerzo inferior es de acero de alta resistencia es porque su equivalente para las cargas a las que está sometido tiene un alma de más de 600 milímetros. En el caso de los tres superiores es para no tener un perfil excesivamente grande para aportar módulo resistente en la parte alta de la estructura.

En el Anexo IV podemos ver los resultados de POSEIDON para estos refuerzos. Desde L14FORROB a L26FORROB para los perfiles del costado de

babor de abajo a arriba y desde L14FORROE a L26FORROE para los perfiles de estribor.

*6.2-. **Refuerzos del doble fondo.***

La Regla a seguir para calcular las dimensiones de estos refuerzos es la misma que para los longitudinales del fondo.

Las particularidades del cálculo son las mismas que para los longitudinales del fondo: forman parte de una estructura de tanque, los refuerzos de los extremos serán los más grandes por cálculo debido a la torsión por lo que homogeneizaremos el fondo con el escantillón de los mismos. La diferencia es que en este caso debemos cambiar las cargas por estar en el forro por las solicitaciones debidas a la carga de la bodega.

En el Anexo IV podemos consultar los resultados de POSEIDON para estos perfiles que son los siguientes: desde L0DFB a L14DFB para los perfiles de babor y L0DFE a L14DFE para los de estribor.

*6.3-. **Refuerzos del doble casco.***

Las Reglas a utilizar para calcular estos refuerzos son las mismas que para los casos anteriores ya que estos perfiles forman parte de la estructura de un tanque y aportan resistencia longitudinal.

En el Anexo IV podemos ver los resultados de POSIDON para estos perfiles que están indicados cómo: desde L1DCBB a L7DCBB para los perfiles del tanque de bodega en babor, desde L1DCBE a L7DCBE para los perfiles del tanque de bodega en estribor, desde L1DCMB a L3DCMB para los perfiles del tanque del entrepuente intermedio en babor, desde L1DCME a L3DCME para los simétricos de los anteriores, desde L1DCAB a L3DCAB para los perfiles del doble casco en el entrepuente superior y desde L1DCAE a L1DCAE para los simétricos de éstos últimos.

Al igual que en otras zonas los escantillones necesarios para los perfiles son diferentes en función de la posición, pero se han tratado de uniformizar de

forma que hemos reducido el número de tipos perfiles al máximo para facilitar la producción sin penalizar apreciablemente el peso de la estructura.

6.4-. Refuerzos de los entrepuentes y cubierta.

Es refuerzos son los de los dos entrepuentes intermedios de los que está dotado el buque y de la cubierta resistente.

Debemos distinguir entre los refuerzos que se encuentran en la zona de bodegas y que estarán sometidos a las acciones de la carga transportada y los que se encuentran en el interior del doble casco.

Estos últimos refuerzos se calculan de la misma forma que los refuerzos hasta aquí estudiados, es decir, a partir de la Regla I-P1 S 9 B.3.1.

Los refuerzos que se encuentran en la zona de carga se calculan a través de la regla I-P1 S 9 A.3. En el caso de los refuerzos de cubierta debemos tener en cuenta además que las condiciones de carga son diferentes y que el material también.

En el Anexo IV se pueden consultar los resultados de POSEIDON para estos elementos.

6.5-. Refuerzos de las vagras.

Los refuerzos de las vagras no contribuyen a la resistencia longitudinal, su misión es reducir los paneles de las vagras a efectos de pandeo y reforzar las aberturas de la misma. Las Reglas sólo nos piden que su escantillón mínimo sea de 9 mm, por lo que se han elegido unas llantas de 75x9 mm.

6.6-. Refuerzos de las varengas.

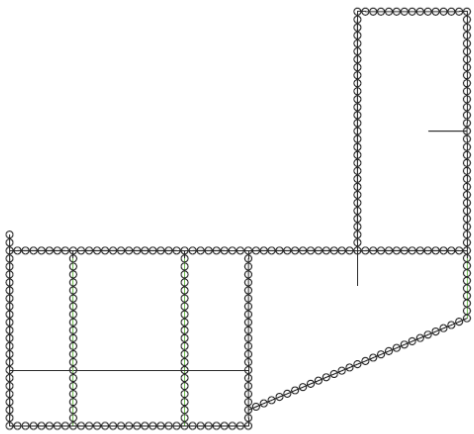
Los refuerzos a disponer en las varengas vienen especificados en I-P1 S 8 B.7.3.5 donde dice que en vertical con los pasos de los longitudinales se disponga un refuerzo del mismo ancho que los longitudinales.

7-. CÁLCULOS POR EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS.

Tal como se comentó más arriba las consolas que soportan los entrepuentes requieren de cálculos directos para comprobar su idoneidad. Para esto Germanischer Lloyd incorpora a POSEIDON de una herramienta de cálculo directo por el método de los elementos finitos y recomienda que los cálculos directos sobre la estructura se hagan con la misma.

Nosotros en el estudio de tanto estas piezas como de los barraganetes que soportan la tapa de escotilla hemos utilizado esta herramienta.

El primer paso será establecer el modelo sobre el que se va a realizar el estudio. Para ello se ha elegido una porción de la estructura que va desde la tapa de la brazola hasta un plano horizontal a 12900 mm de la línea base, desde el costado hasta la brazola tomando siete claras de cuaderna con las dos bulárcamas que comprenden en su interior. En la siguiente figura tenemos una sección transversal del modelo descrito:



La elección de este modelo se debe a que con él podemos estudiar los dos elementos que son de nuestro interés conjuntamente. Al ser las consolas inferiores iguales a la estudiada y estar sometidas a esfuerzos menores la validez de ésta implica la de las demás.

El siguiente paso será establecer las condiciones de contorno del modelo. Este estará empotrado en el plano horizontal inferior no permitiendo ni desplazamientos ni flexiones; no se permite el desplazamiento en el sentido longitudinal del modelo pero si en el sentido vertical y transversal y la rotación en los extremos de proa y popa. En el Anexo XI se puede ver la entrada de datos de POSEIDON para las condiciones de contorno. De esta forma tendremos un modelo sometido a unas condiciones de carga en el sentido vertical muy parecidas a la realidad.

Ahora definiremos las solicitaciones de la estructura. Estas comprender la carga de los contenedores sobre la tapa de la brazola, la carga de diseño sobre la cubierta y el tanque de lastre estará lleno. De esta forma tendremos la peor condición de carga posible.

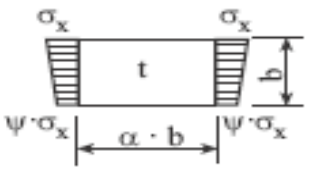
A continuación estableceremos la malla de cálculo. Ésta tendrá una separación entre nodos de 50 mm. Con esta malla hemos comprobado que los resultados eran prácticamente iguales que con otras más finas y al ser más ligera permite un cálculo más rápido y mejor manejo del modelo. Utilizando el borde de menor longitud tenemos un ratio en la malla de 1:9 lo que nos parece un ratio aceptable para el tipo de estudio que vamos a realizar. En el Anexo XII podemos ver los nodos tanto en la cuaderna como en la bulárcama.

En el Anexo XIII tenemos la distribución de esfuerzos cortantes en el modelo, en el XIV la distribución de esfuerzos de Von-Mises, en el XV la distribución de esfuerzos en la consola y en el XVI las deformaciones en la misma. Como podemos comprobar los esfuerzos están muy lejos del límite elástico del material, en el peor de los casos la tensión llega al 40% de ésta, y las deformaciones debidas a las cargas con de décimas de milímetro. Los puntos más conflictivos se encuentran en el paso de los perfiles de la cubierta a través de la consola, lo que se puede solventar con unas corbatas; y en la unión de la brazola con la tapa de la misma lo que hace necesario un despunte adecuado del barraganete para evitar la formación de grietas.

8-. TEST DE PANDEO.

En el proceso de dimensionamiento de la estructura del casco nos falta un paso. Comprobar que los elementos dimensionados son lo suficientemente resistentes para soportar las solicitaciones de pandeo sin fallo.

Germanischer establece en I-P1 S 3 F unos test de pandeo que deben cumplir los elementos de la estructura. En el caso de paneles simples, plancha entre dos longitudinales y dos transversales, establece un test en F.2 de forma que para asegurar que la estructura no fallará por pandeo cada sumando de la expresión correspondiente es menor que 1 y que la suma total también lo es. Estos sumandos dependen de la forma geométrica del panel (plano o curvo, ratio de aspecto), de las solicitaciones a las que está sometido (tensión uniforme, con variación lineal, cortante, etc.) y de las condiciones de contorno (bordes con movimientos restringidos, etc.). En la siguiente figura se muestra un ejemplo de comprobación del test de pandeo para un panel de fondo del buque con el tanque de lastre vacío con el buque en quebranto que es la peor condición posible a la que se verá sometido el panel. El panel tendrá una dimensión longitudinal de 1550 mm que es la distancia entre varengas y una transversal de 688 mm que es la distancia entre longitudinales. Los bordes longitudinales están soportados por perfiles longitudinales de bulbo de 260x10 mm y calidad AH36. Los bordes transversales están soportados por las varengas. Consideraremos una distribución de carga constante perpendicular al borde transversal y que será de 126 N/mm^2 en compresión. La carga lateral será la debida a la acción del agua del mar sobre el fondo que se calcula según I-P1 S 4 C.2 y cuyo valor es de 135 kN/m^2 y el esfuerzo cortante en el peor de los casos es de 16 kN/m^2.



```
GLRULES ND 1.200, Edition 2004  (GLRules- Part)
Copyright © 2004 by Germanischer Lloyd                                  Germanischer Lloyd

                    G E R M A N I S C H E R   L L O Y D
                    ***********************************
                    ***                             ***
                    ***        G L - R U L E S      ***
                    ***                             ***
                    ***         RULES PROGRAM       ***
                    ***                             ***
                    ***********************************
                          SHIP  TECHNOLOGY
                     PART 1  -  SEAGOING  SHIPS
                         CHAPTER 1  -  HULL

                          2 0 0 4 EDITION

                 GLRulesND VERSION :  1.200  (2004-04-30)

            (c) Copyright Germanischer Lloyd AG, Hamburg 1993-2004

                    Section 3      buckling strength

                              Parameter
field-no.  (max. 16 character) ...................                      1
material type : ..................................                   steel
structure in dry spaces (see section 3,K.3) : ....                      no
safety factor ....................................                  1,100
length,breadth of isotropic plate panel (s.fig.3.2)a,b          1550;   688 [mm]
number of distances a in x- and b in y-direction .                   1; 1
Edgestresses vertical to the b-side (N/mm**2) ....Sigma-X      -126;  -126 [N/mm**2]
Edgestresses vertical to the a-side (N/mm**2) ....Sigma-Y         0;     0 [N/mm**2]
shear stress Tau (N/mm**2), Lateral load(kN/m**2)               16; 135,00
lateralload + => Sigma =(+) at flange side
use of Psi' instead of SigmaX2 ...................Psi'                 NO
actual plate thickness (mm),  ReH (N/mm**2) ......ta. ReH     13,0;  355,0 [.]
input corr. allowance (YES/NO), corrosion tk .....          YES;     1,818 [-,mm]
Support condition of plate x-dir. (parallel a) ...            HP 260* 10,0
ReH of longitudinal stiffener ....................ReH            355,000 [N/mm**2]
Support condition of plate y-dir. (parallel b) ...            stiff, webs
Support condition of stiff. in x-direction .......             continuous
Support condition of stiff. in y-direction .......             continuous

                              Results
Plate : Buckling criteria due to
.       direct load     bend. in general   bend. in w.t. bhds
.       UF     Kapa     UF     Kapa        UF     Kapa
SigX :  0.152  1.000    0.152  1.000       0.152  1.000
SigY :  0.000  1.000    0.000  1.000       0.000  1.000
Tau  :  0.007  1.000    0.007  1.000       0.007  1.000
comb.:  0.160           0.160              0.160
minimum required thickness ta (mm) =
                3.0            3.0                3.0
```

El resto de elementos no se han calculado directamente ya que lo hace POSEIDON automáticamente. Los resultados de este programa incluyen la aplicación de estos criterios por lo que la estructura cumple con ellos.

9-. CONCLUSIONES. RESULTADOS DE RESISTENCIA ESTRUCTURAL.

9.1-. Comprobación del módulo resistente.

Una vez dimensionada la estructura vamos a ver que tenemos el módulo resistente mínimo exigido.

En la siguiente tabla podemos comprobar que sí cumplimos con este requisito:

W_{Dmin}	7.278 m^3
W_D	6.297 m^3
W_{Bmin}	7.278 m^3
W_B	11,051 m^3

9.2-. Comprobación del momento de inercia.

En cuanto al momento de inercia de la sección tenemos que el momento mínimo exigido era de 37,076 m^4y que con la cuaderna proyectada el momento de inercia es de 63,106 m^4 luego este requisito también se cumple.

En el Anexo VII podemos ver todos estos resultados con la confirmación de que la cuaderna cumple con los requisitos mínimos.

10-. BIBLIOGRAFÍA.

- Reglas para buques oceánicos de acero de Germanischer Lloyd.
- Apuntes de Construcción Naval I. Vol. 1, 2, 3 y 4. E.T.S.I.N.
- Proyecto Básico del Buque Mercante.
- Apuntes de Teoría del Buque de Casco y Máquinas. E.T.S.I.N.
- Apuntes de la Cátedra de Proyectos de la E.T.S.I.N.

NOTA:

Todos los ficheros de POSEIDON y de GL RULES ND están disponibles en el CD que acompaña a este proyecto.

ANEXO I:

DATOS DE ENTRADA DE POSEIDÓN

.1 Project Data

Applicable Rules for this Project

Germanischer Lloyd - Rules for Classification and Construction

Use rules: GLSea

I Ship Technology
1 Seagoing Ships
1 Hull Structures Edition 2008

with options no

Project: Proyecto fin de carrera

Reg. No. 1674

Project Status: unlocked by

initial value

Author: J E Terciado & A. Villalba

Description: Buque Polivalente de 20000 TPM para el transporte de bobinas de papel y acero, contenedores y

Creation Date: 10/01/2009 18:11:17

Last Modification: 24/01/2009 23:33:

File was saved with Poseidon Version: 8.0

Attached Files

Master Document: <import new file>; Import Remove

Glframe: Cuaderna Maestra.glf; Import Remove

Grillage: Cuaderna Maestra.glg; Import Remove

Class Designation

Char. of Classification: +100A5 E Dry Cargo G

Ship Type: Dry Cargo Ship

Restricted Service:

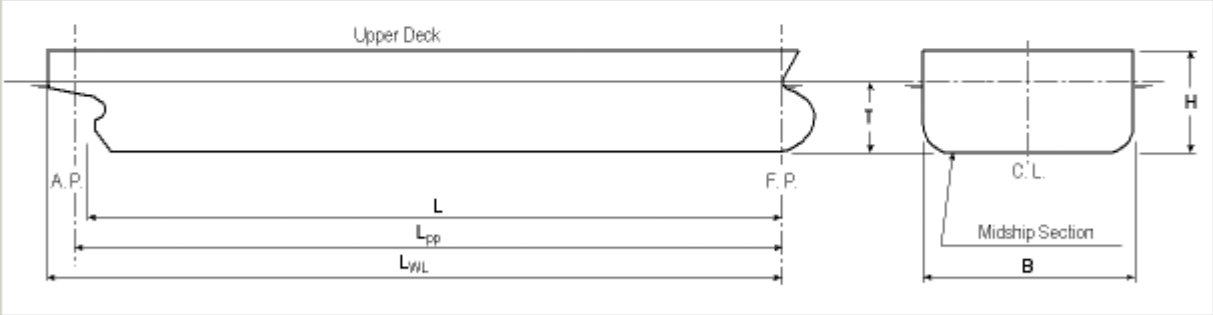
Ice Class: E Drift Ice

Double Side

Use of Grabs

.2 Principal Dimensions

Length betw. perpendiculars	Lpp:	155,027	m	Scantling draught	T:	11,000	m
Length of water line at T	Lwl:	159,599	m	Block coefficient	CB:	0,651	
Scantling length	L:	154,811	m	Max. speed in calm water	Vo:	19,500	kn
Breadth	B:	25,000	m	Min. draught at FP in ballast	Tbf:	6,970	m
Depth (nominal)	H:	14,400	m	Min. draught at AP in ballast	Tba:	8,180	m
H for effective superstructures (1, H 2.7) ☑				Deadweight		20000,000	tdw
from -7 to 54	H:	17,4	m	XA acc Fig. 5.10 at Fr.No.		55	
from 210 to 256	H:	17,4	m	Number of Cargo Holds:		2	
				Displacement of the ship		27881	t



.5 Options

Additional Requirements

Corrosion Additions

use special tk ☐ tk = MIN(2,50 + tw , MAX(0,100 * t'/sqrt(k)+tw , 1,00 + tw)) mm

tw1 = 0,50 mm (in tanks, section 3, K.1), tw2 = 0,00 mm (dry cargo space, section 3, K.3)

In general the corrosion additions as given in section 3, K of the rules have to be used. However for special calculations these values can be specified here.

Minimum Thickness

use special tmin ☐ tmin = 0,00 mm

According to the rules minimum thicknesses for structural members (i.e. shell, tanks, decks, superstructures, deckhouses etc.) are required. These minimum values can be overruled here for special calculations.

Probability Level

use special probability level ☐ Lifetime in years 20 Days per year at sea 320 Waveperiod 11,0

Loadlevel Q = 1,000e-006 Factor f = 0,7500 (log Q = -8 * f)

No. of stress cycles N = 5,000e+007 determined for the caculation of the required detail category acc. section 20 of GLRULES

The probability level and the corresponding factors are used from table 4.2 of the rules for the fatigue analysis only (required detail category in item 5.1 and 5.2)

Dynamic Sea Loads and Vertical Accelleration

use special nominal wave height ☐ c0 = 0,00 m

This value influence the external sea pressure acc. section 4.A.2.2, the wave bending moments and shear forces acc. section 5.B and F.3, the minimum section modulus acc. section 5.C.2 and the pressure on supersturctures acc. section 16.C.2

☐ mark here if section 5.B and F.3 should be excluded (values acc. input in tree 4.4.3.2 are to be used) (under construction)

use special vertical accelleration ☐ F = 0,11

This factor is used for the vertical acceleration of cargo loads acc. section 4.C

Buckling

use special safety factor ☐ S = 1,10

This safety factor is used for the buckling calculation acc. section 5.C.7

S = 1,20

This safety factor is used for the buckling calculation with results from FE analysis

use special load combination ☐ 0,70

This factor is used for the load combination acc. section 5.C.7

.6 Options 2

Additional Requirements 2

General

Exclude torsional influenc ☐

Options for Detail Category

Tanks at shell ☐ fatigue check of tank and shell pressure separatly

Estimation of load cycles for extended lifetime

	Past	Future
Lifetime in years	0,0	25,0
Days per year at sea	0,0	355,0
Waveperiod [sec]	0,0	11,0
No of loadcycles	0,00	6,97e+007

Berthing Impacts (according A9 B 3.9) (use 0 to work with default values (If must be set))

use berthing impacts ☐ Tmin 0,000 m Defl. of fender f 0,000 m

Tmax 0,000 m speed v 0,000 m/s

extension lf 0,000 m

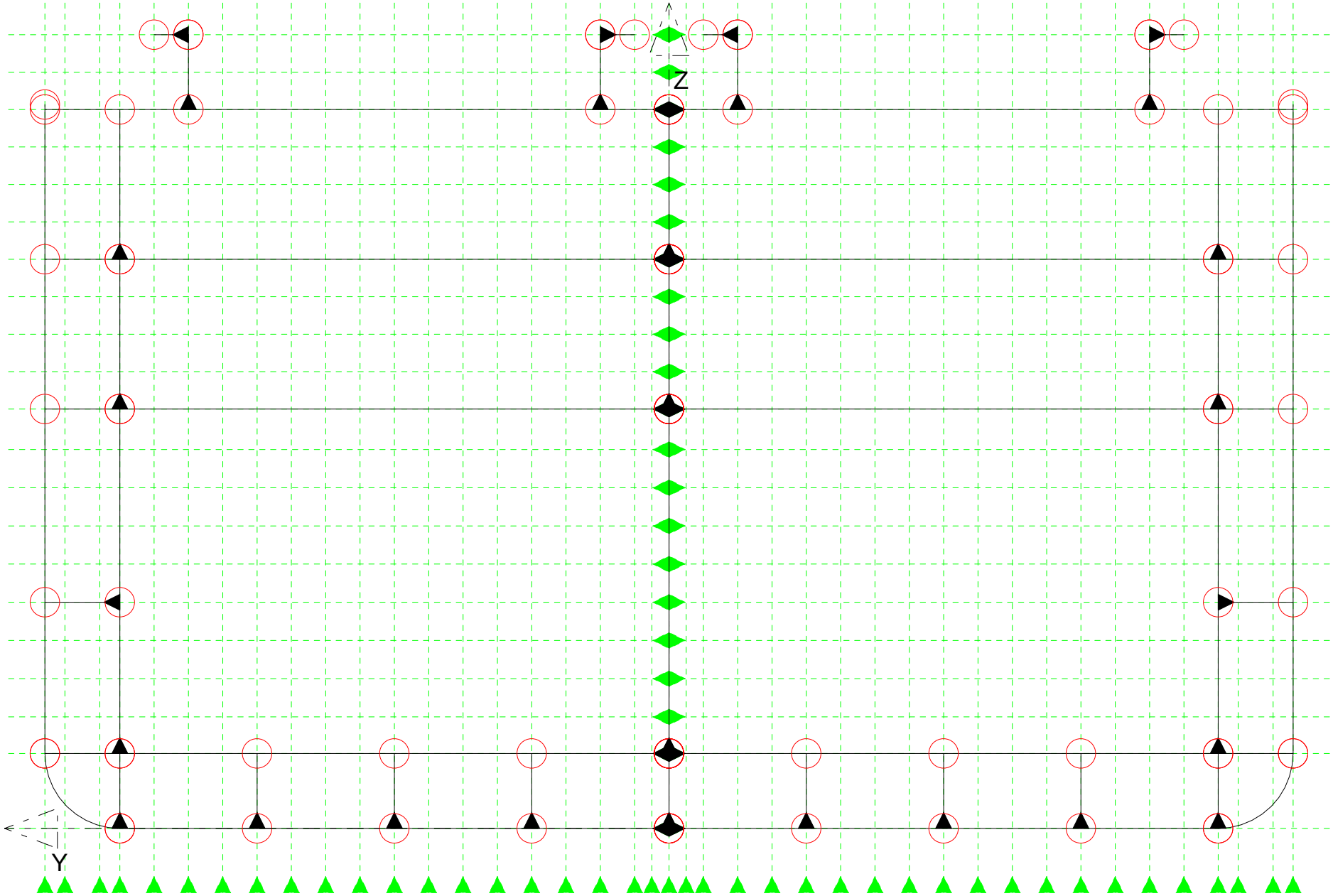
Option according Rules 104 (for navy vessels only)

This option consider the pressure on the shell according 3.3 of rule 104

use shell pressure ☐ p0 = 0,000 kN/m²

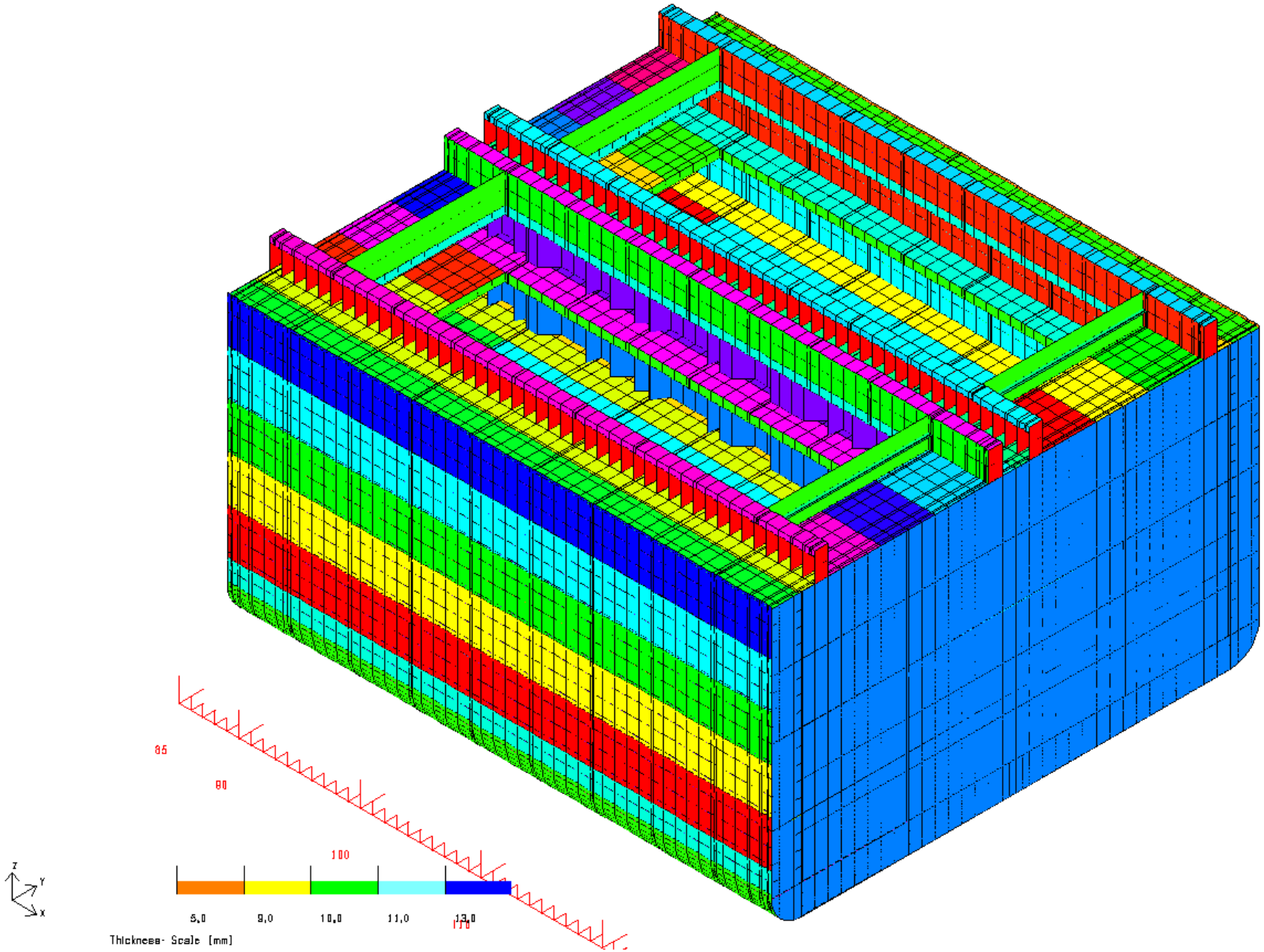
Note : The scantlings length must be the length between PP

Frame No.: 85 (F)



ANEXO II:

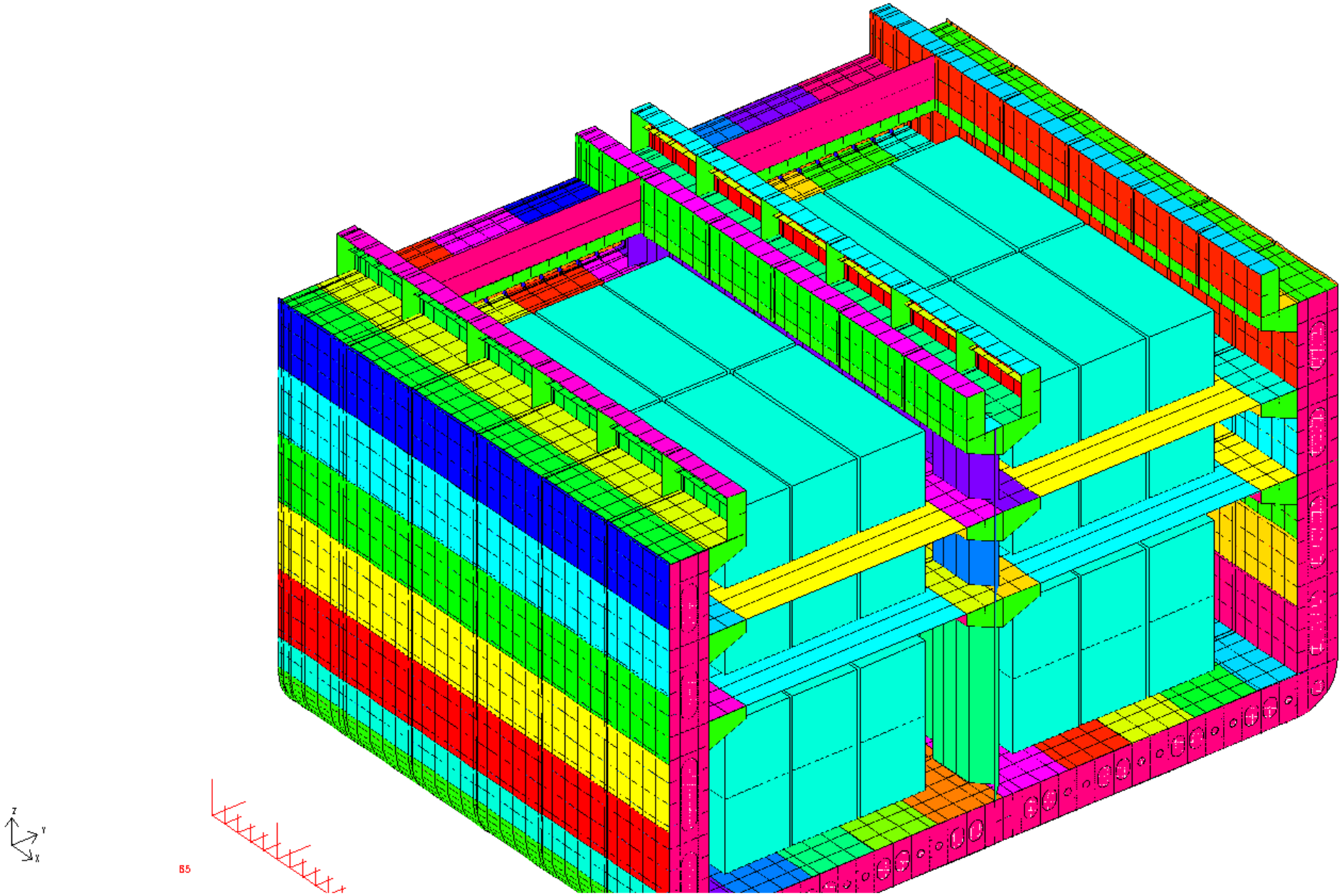
MODELOS DE POSEIDÓN



GERMANISCHER LLOYD
POSEIDONND 8.0

Proyecto fin de carrera, BRE, CP, DCA, DCAB, FORRO, P_BRE, P_CP, TBRE, B_BRE, B_CP, B
J E Terciado & A. Villalba

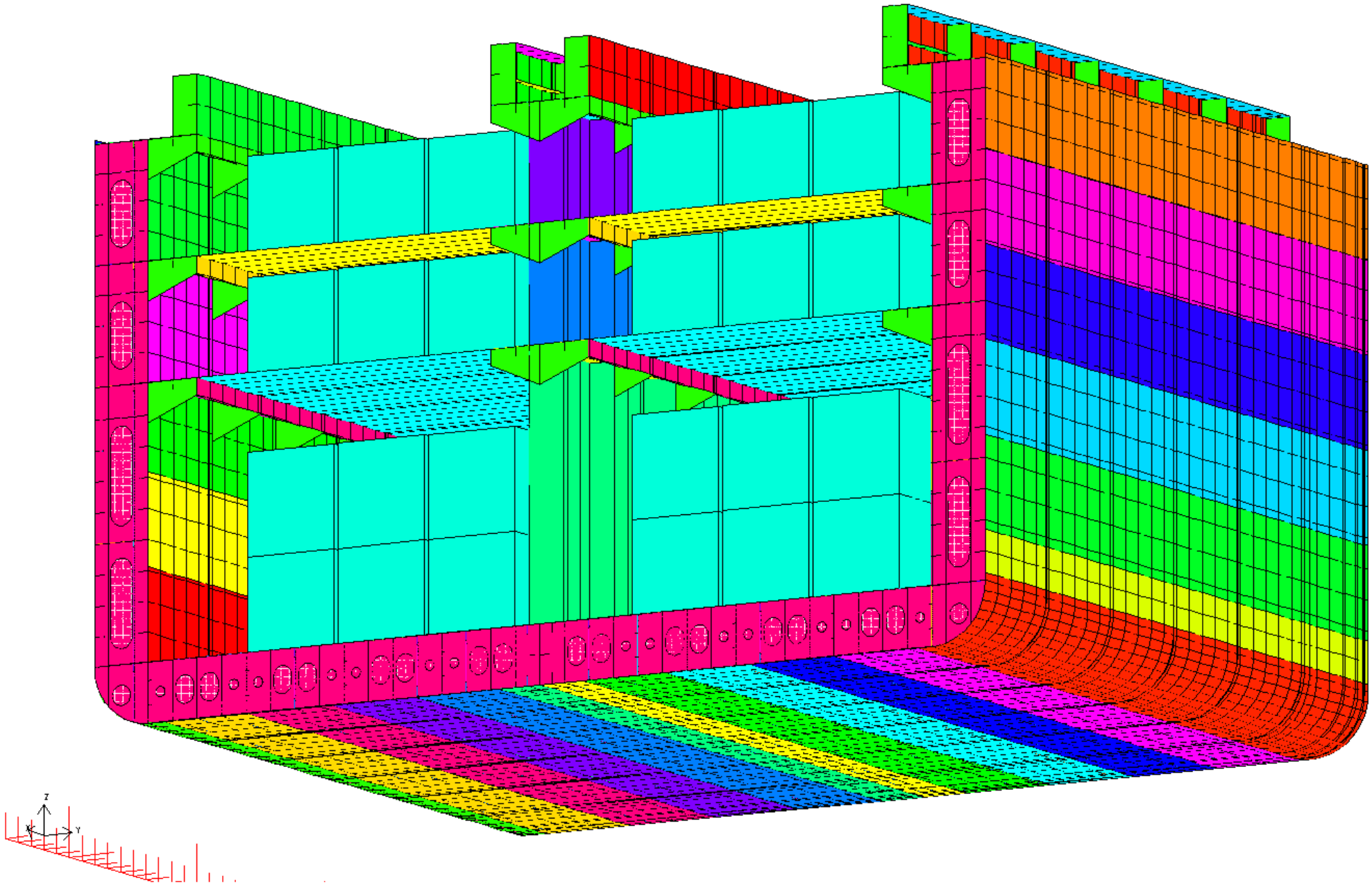
File : C:\Documents and Settings\Antonio Villalba\Escritorio\PROYECTO\Cuadernillos\Cuadernillo 5. Cuaderna maestra\GL_ND\Cuaderna Maestra.pox Date: 25.01.2009, Time: 19:11:38



GERMANISCHER LLOYD
POSEIDONND 8.0

Proyecto fin de carrera
J E Terciado & A. Villalba

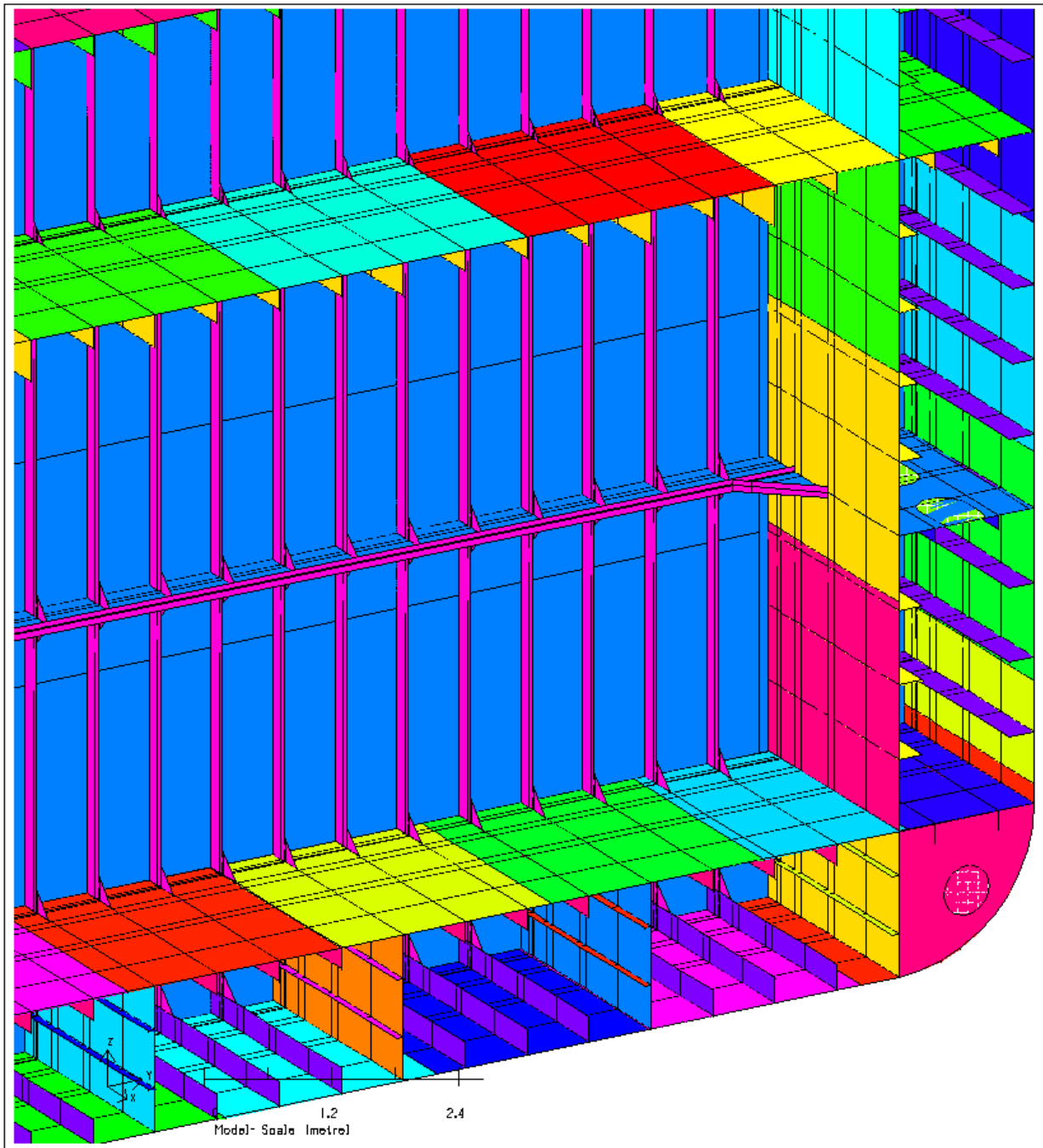
File : C:\Documents and Settings\Antonio Villalba\Escritorio\PROYECTO\Cuadernillos\Cuadernillo 5. Cuaderna maestra\GL_ND\Cuaderna Maestra.pox Date: 25.01.2009, Time: 03:00:17



GERMANISCHER LLOYD
POSEIDONND 8.0

Proyecto fin de carrera
J E Terciado & A. Villalba

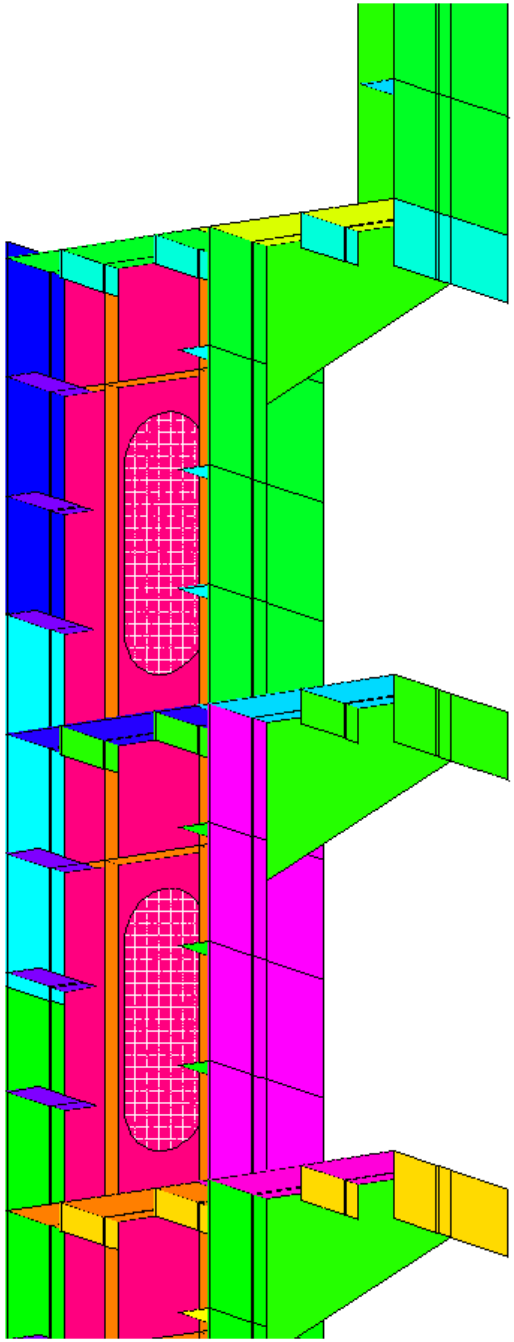
File : C:\Documents and Settings\Antonio Villalba\Escritorio\PROYECTO\Cuadernillos\Cuadernillo 5. Cuaderna maestra\GL_ND\Cuaderna Maestra.pox Date: 25.01.2009, Time: 03:01:54

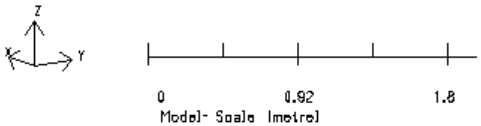


GERMANISCHER LLOYD
POSEIDONND 8.0

Proyecto fin de carrera
J E Terciado & A. Villalba

File : C:\Documents and Settings\Antonio Villalba\Escritorio\PROYECTO\Cuadernillos\Cuadernillo 5. Cuaderna maestra\GL_ND\Cuaderna Maestra.pox Date: 25.01.2009, Time: 02:53:33

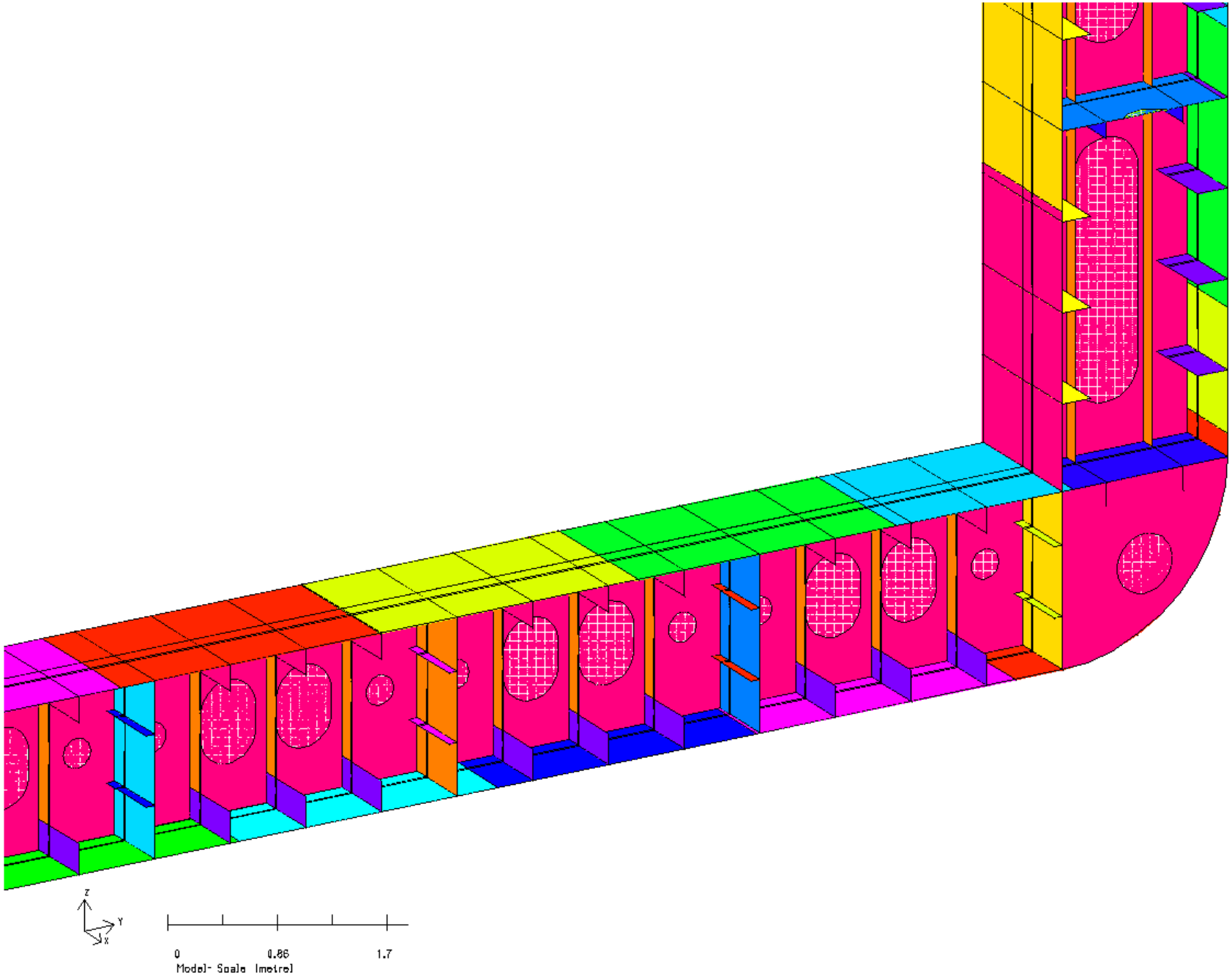




GERMANISCHER LLOYD
POSEIDONND 8.0

Proyecto fin de carrera
J E Terciado & A. Villalba

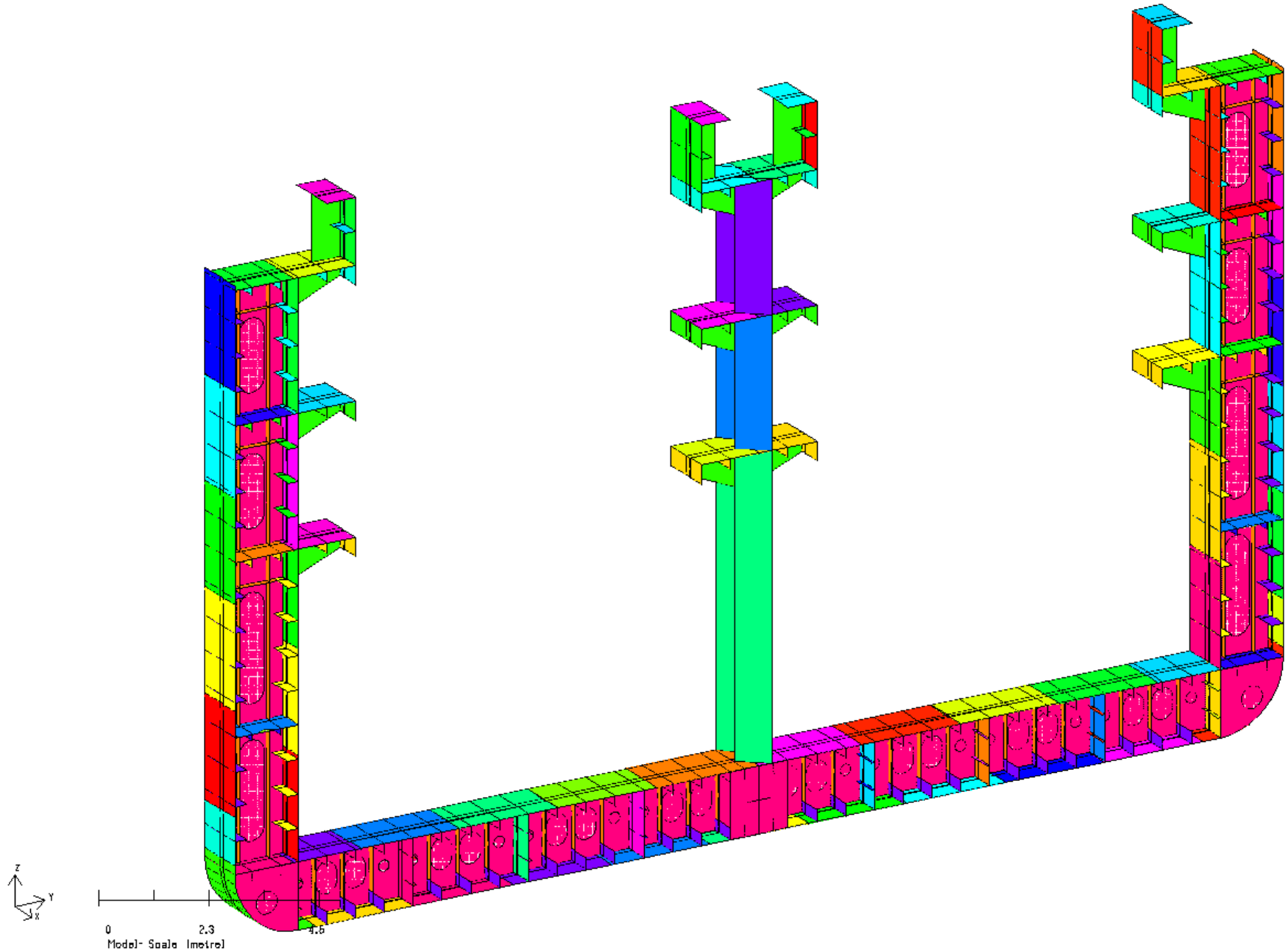
File : C:\Documents and Settings\Antonio Villalba\Escritorio\PROYECTO\Cuadernillos\Cuadernillo 5. Cuaderna maestra\GL ND\Cuaderna Maestra.pox Date: 25.01.2009, Time: 02:56:28



GERMANISCHER LLOYD
POSEIDONND 8.0

Proyecto fin de carrera
J E Terciado & A. Villalba

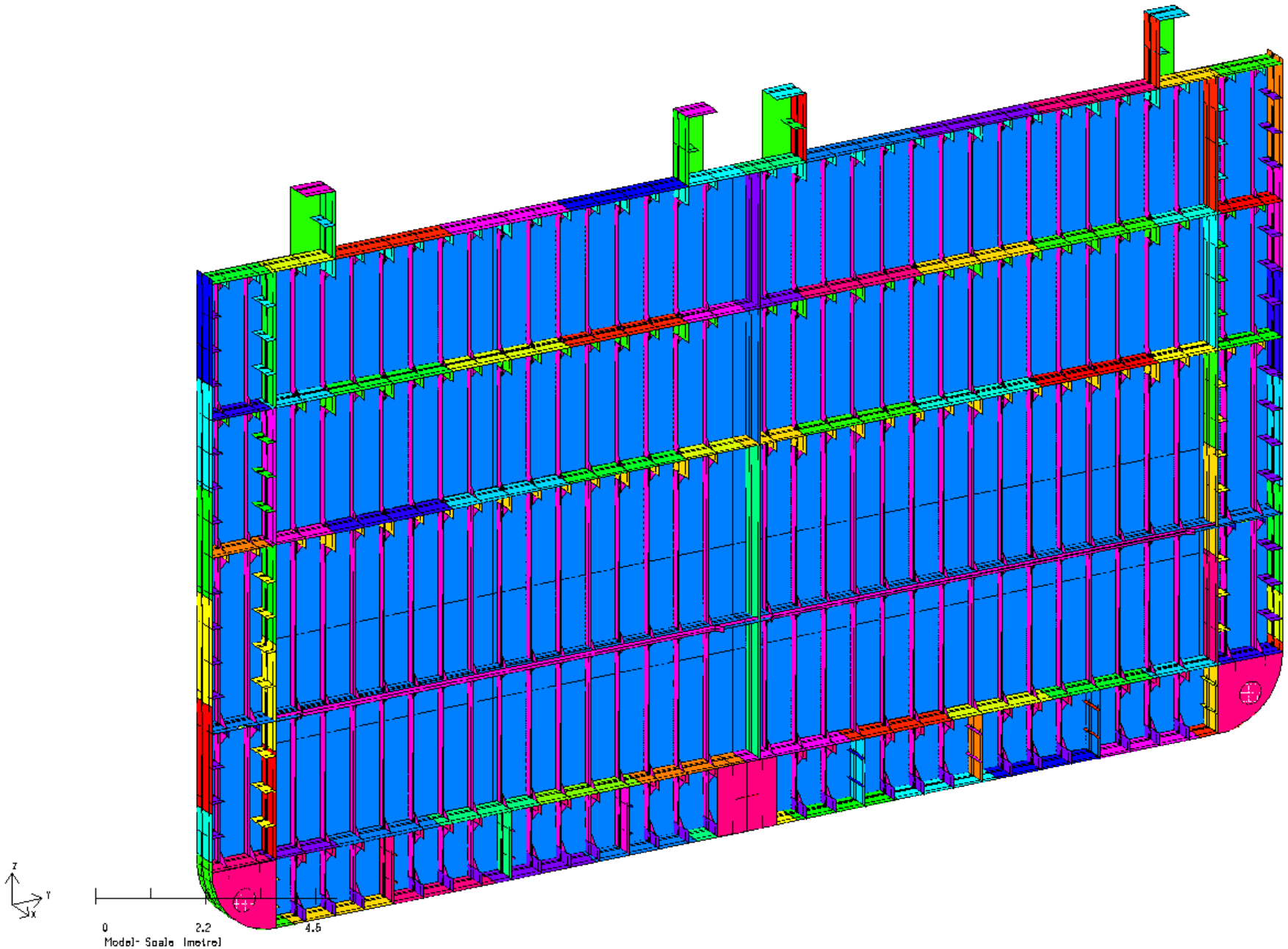
File : C:\Documents and Settings\Antonio Villalba\Escritorio\PROYECTO\Cuadernillos\Cuadernillo 5. Cuaderna maestra\GL ND\Cuaderna Maestra.pox Date: 25.01.2009, Time: 02:55:14



GERMANISCHER LLOYD
POSEIDONND 8.0

Proyecto fin de carrera
J E Terciado & A. Villalba

File : C:\Documents and Settings\Antonio Villalba\Escritorio\PROYECTO\Cuadernillos\Cuadernillo 5. Cuaderna maestra\GL_ND\Cuaderna Maestra.pox Date: 25.01.2009, Time: 02:54:20

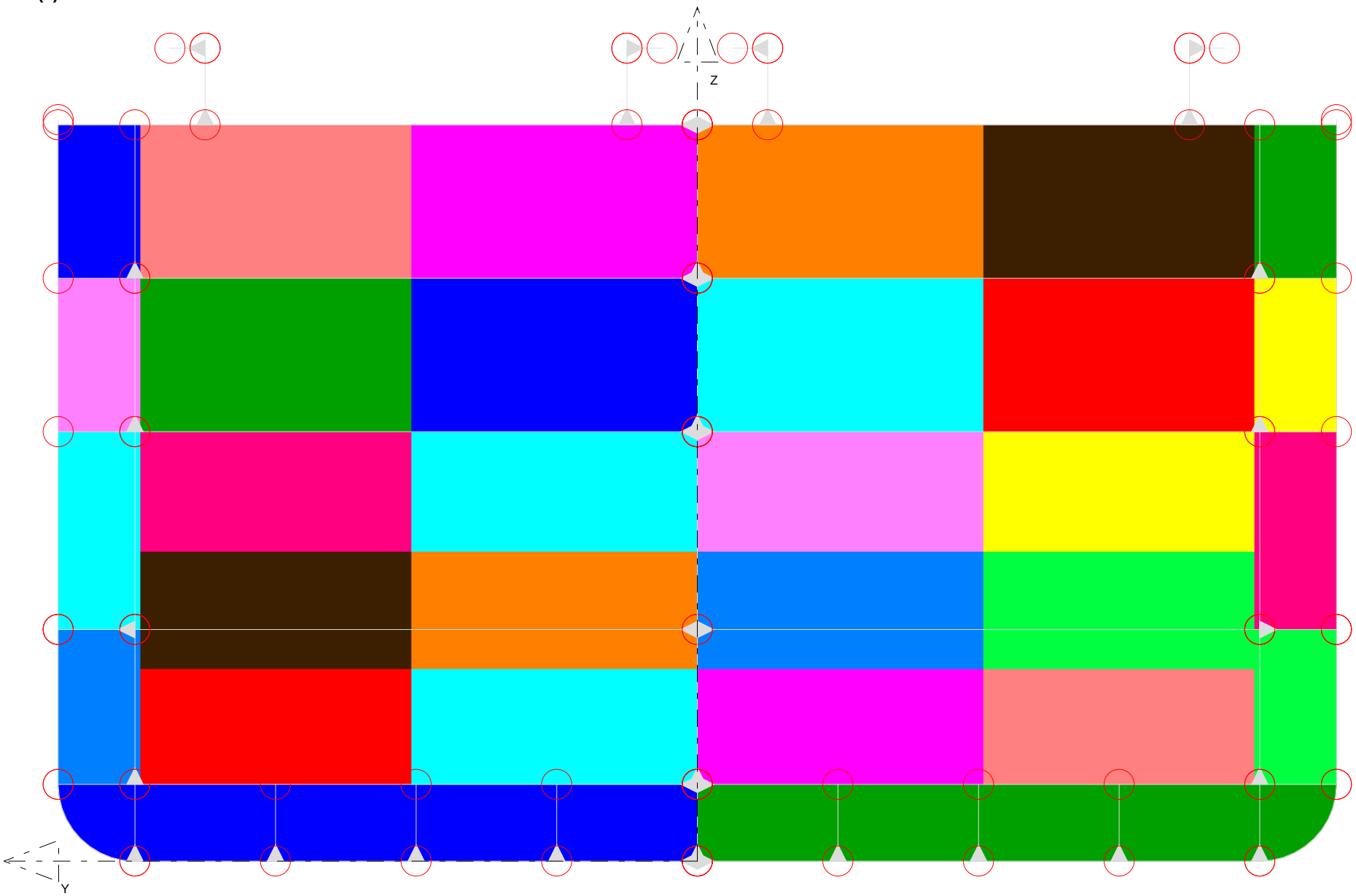


GERMANISCHER LLOYD
POSEIDONND 8.0

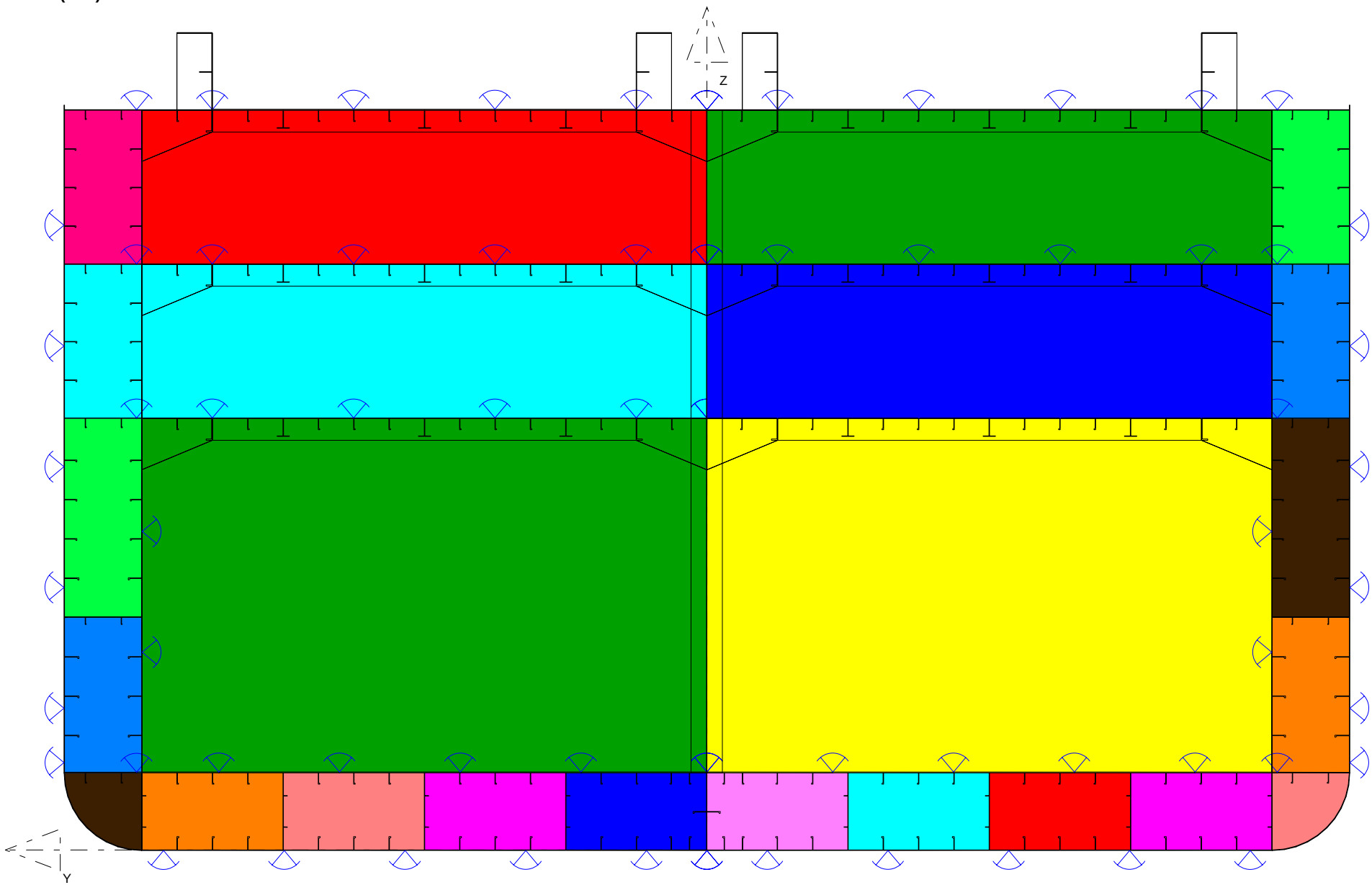
Proyecto fin de carrera
J E Terciado & A. Villalba

File : C:\Documents and Settings\Antonio Villalba\Escritorio\PROYECTO\Cuadernillos\Cuadernillo 5. Cuaderna maestra\GL_ND\Cuaderna Maestra.pox Date: 25.01.2009, Time: 02:51:51

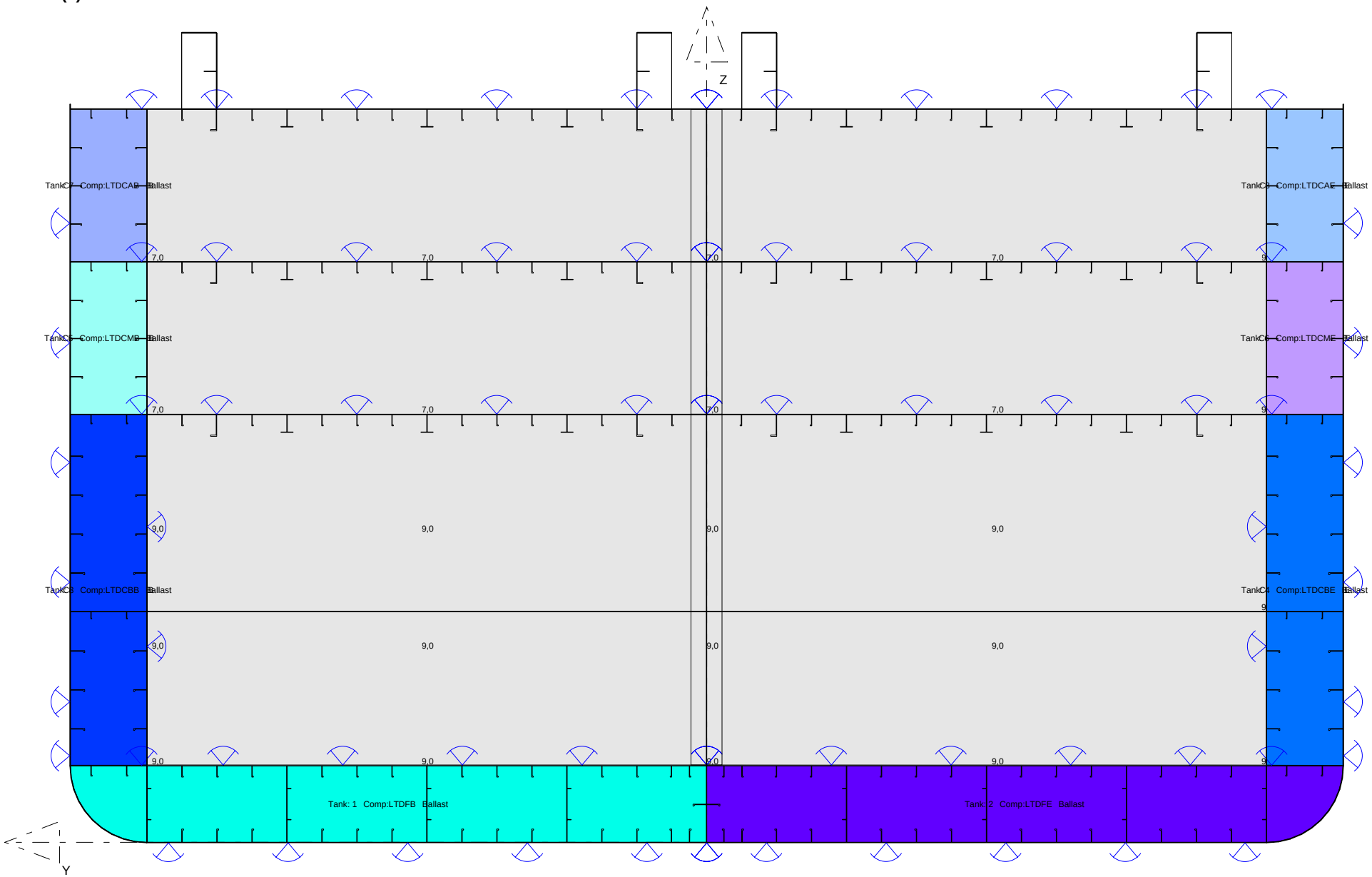
Frame No.: 85 (F)



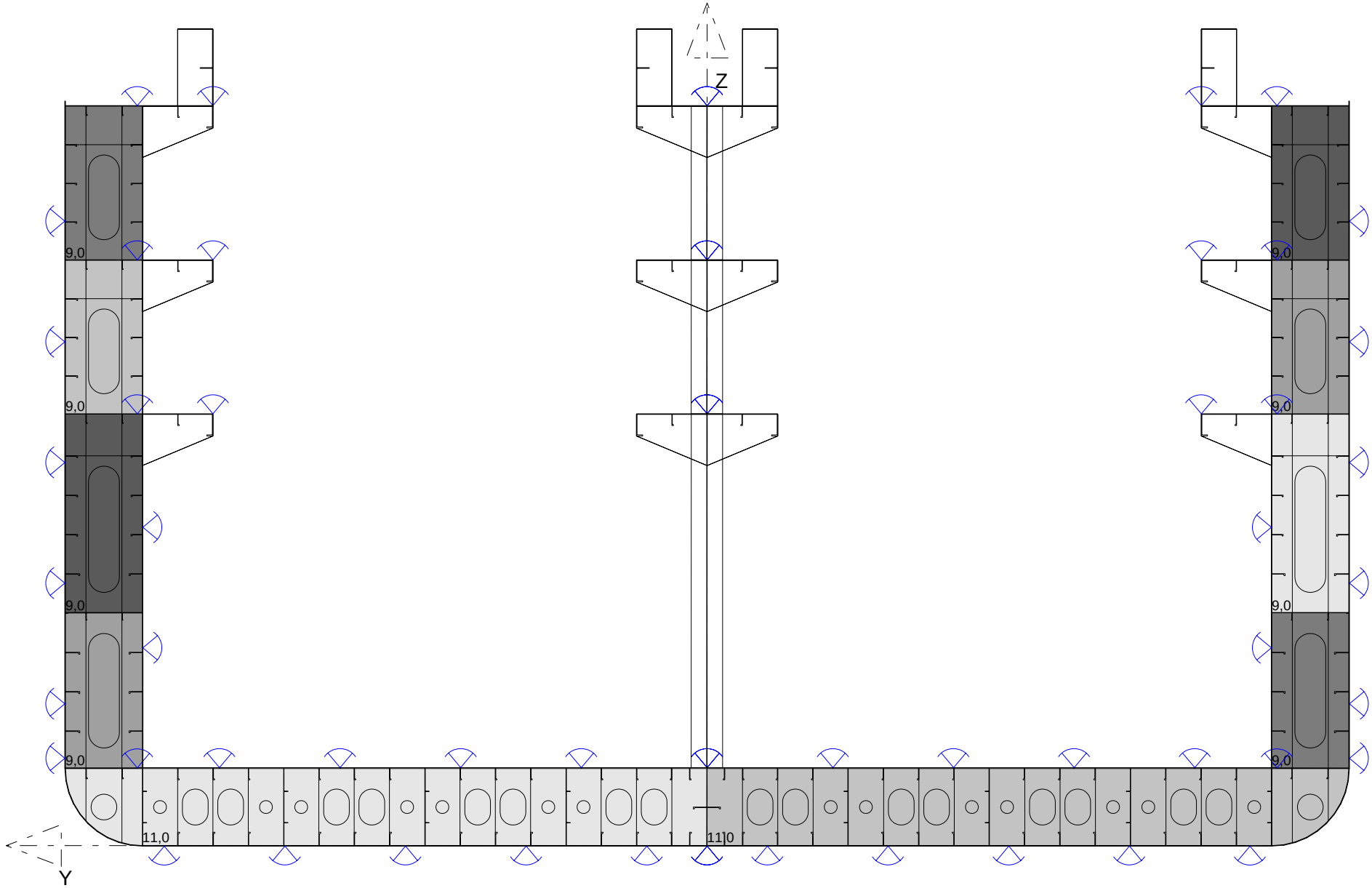
Frame No.: 125 (A+F)



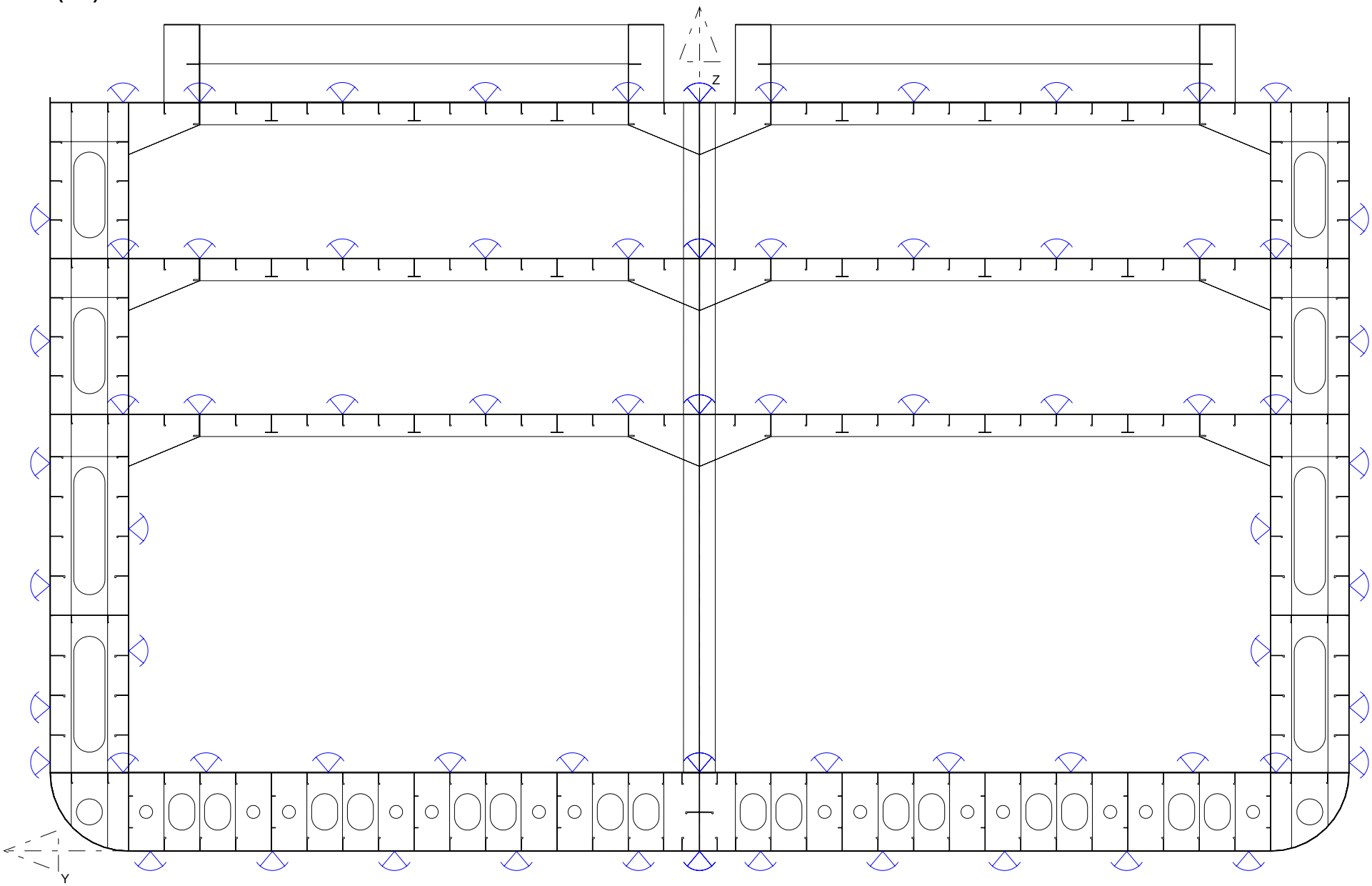
Frame No.: 85 (F)


Z
Y
Tank: 7 Comp:LTDCAB Ballast
Tank: 8 Comp:LTDCAE Ballast
Tank: 5 Comp:LTDCMB Ballast
Tank: 6 Comp:LTDCME Ballast
Tank: 3 Comp:LTDCBB Ballast
Tank: 4 Comp:LTDCBE Ballast
Tank: 1 Comp:LTDFB Ballast
Tank: 2 Comp:LTDFE Ballast
7,0
9,0

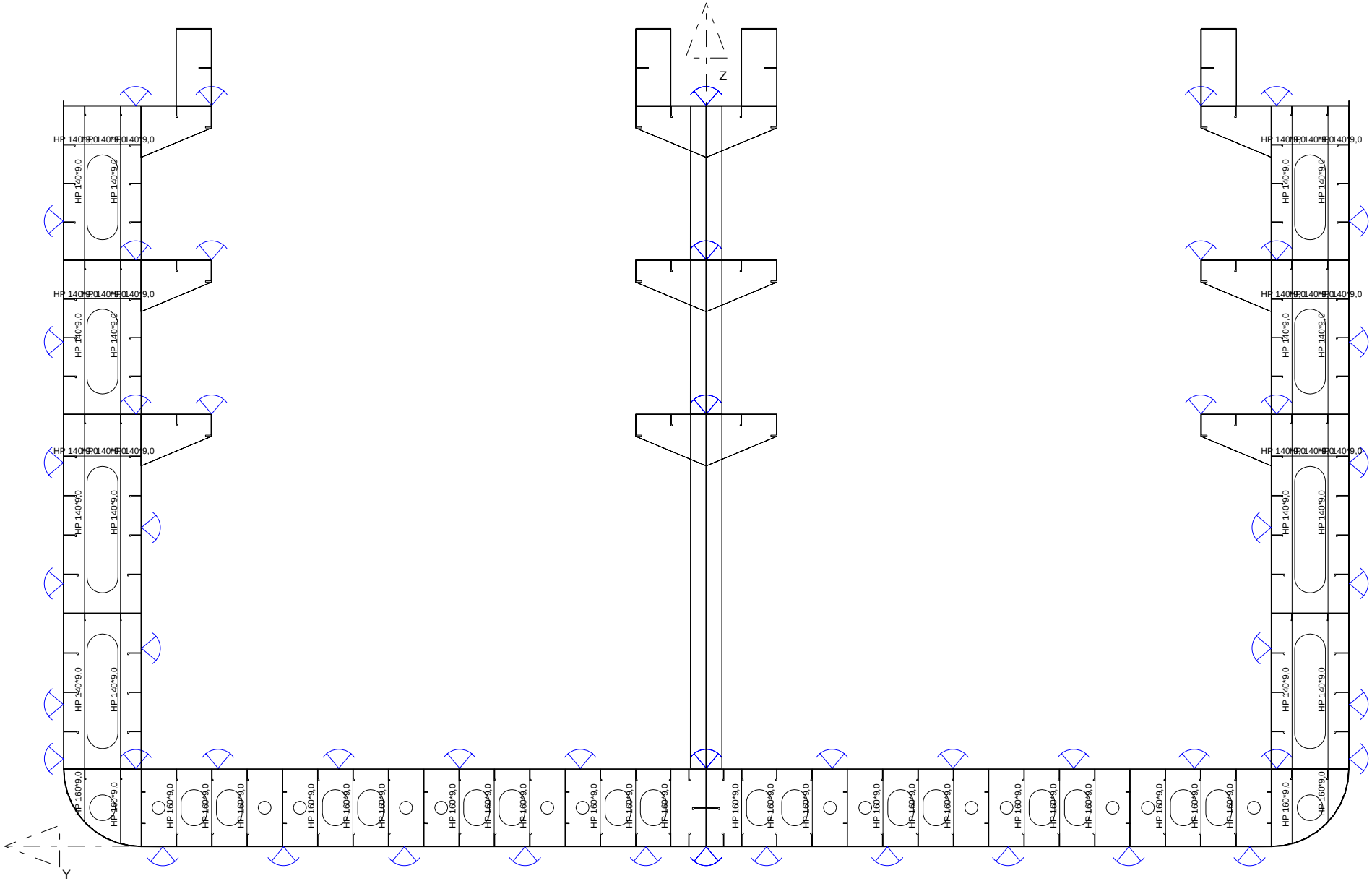
Frame No.: 120 (A+F) Trans. Web. Plates



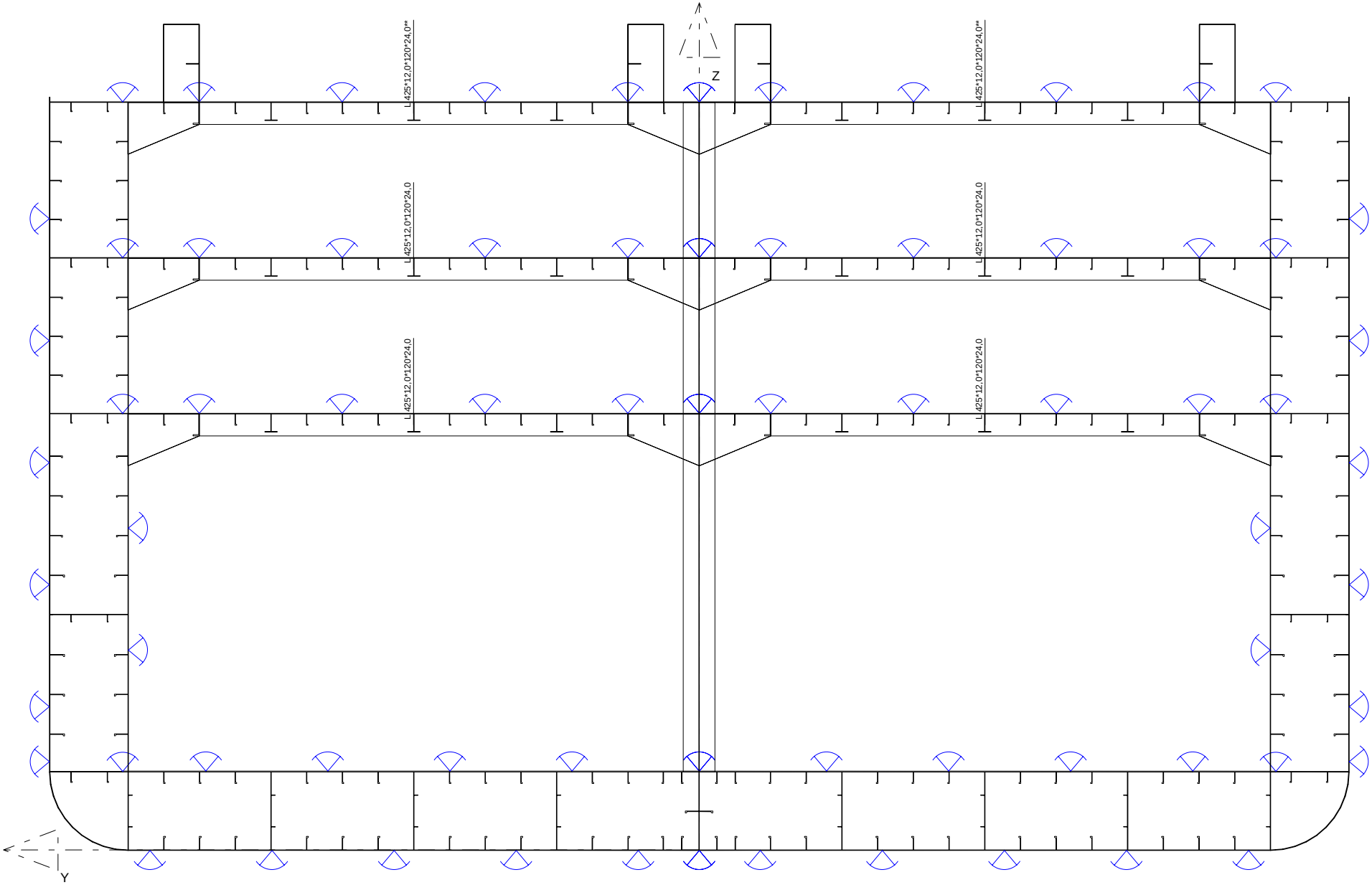
Frame No.: 125 (A+F)



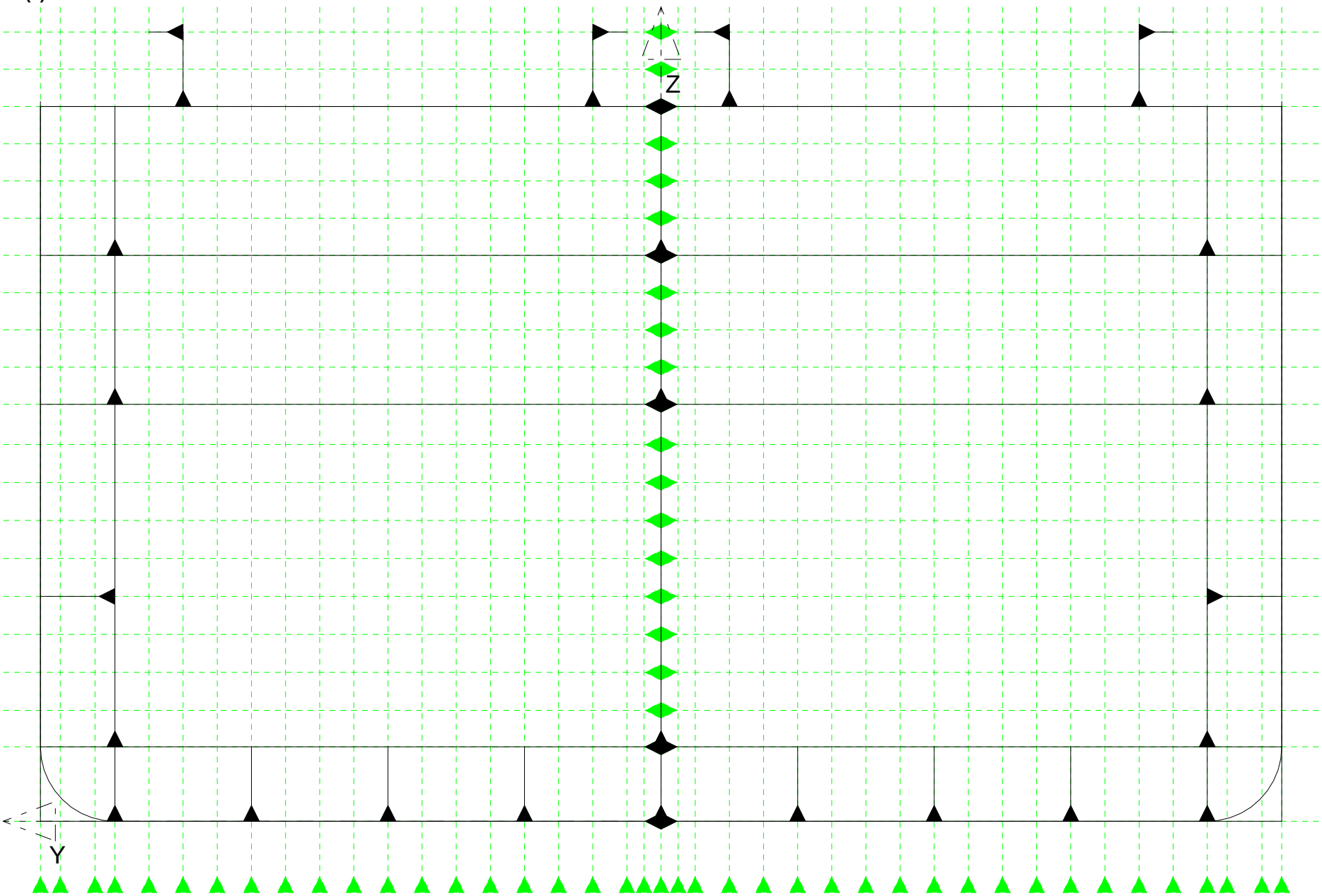
Frame No.: 120 (A+F) Trans. Web. Profiles



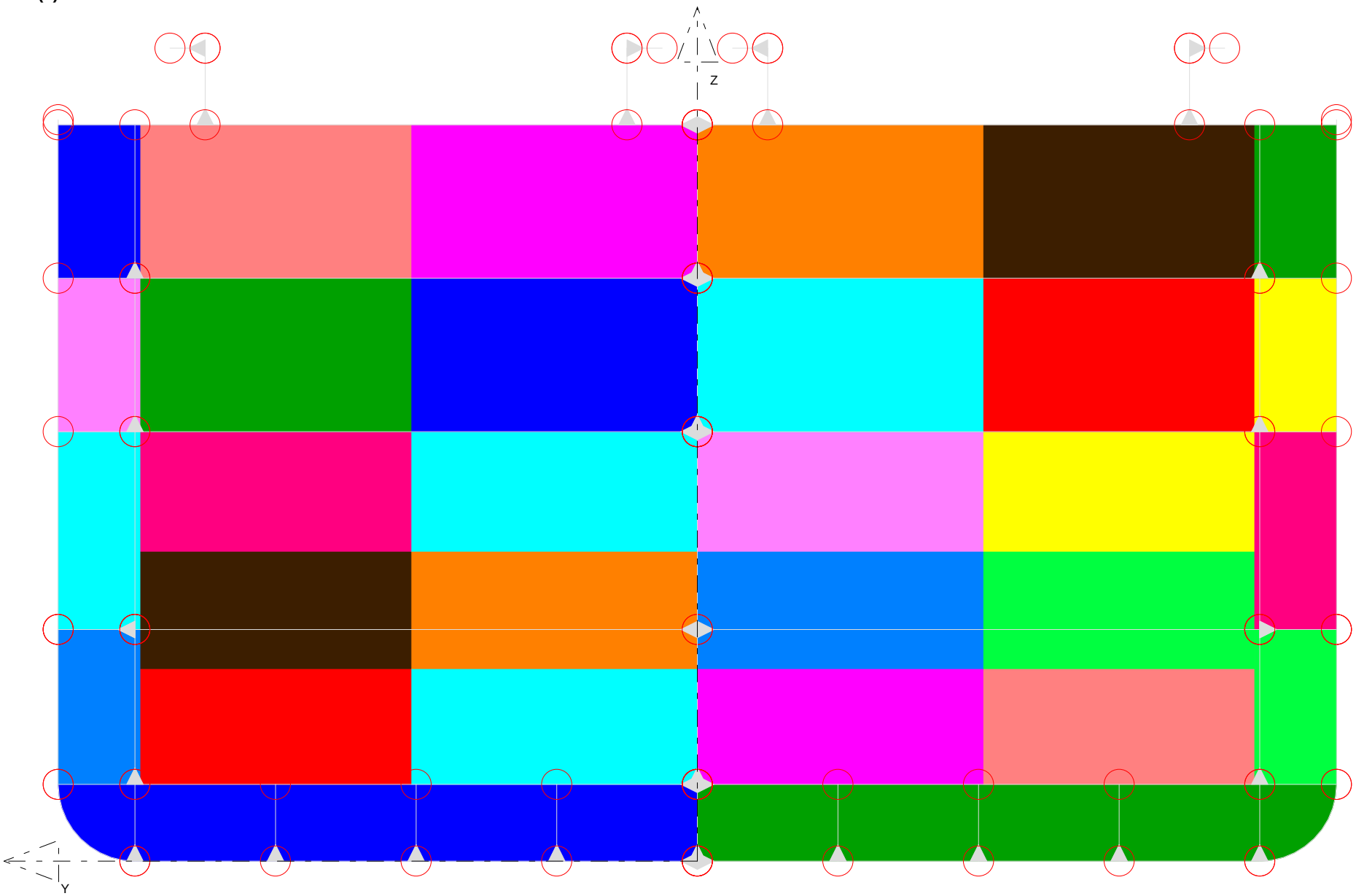
Frame No.: 90 (A+F) Transverse Profiles



Frame No.: 120 (F)



Frame No.: 85 (F)



ANEXO III:

RESULTADOS DE PLANCHAS LONGITUDINALES

5.1.1 Long. Plates (Frame No: 124 F/A: A+F)

X =	77,905	SW BM hogg	0,523	Des. BM hogg	0,881	SW SF	0,713
(1+av) =	1,172	sagg	0,205	sagg	0,801	Des. SF	0,928

Func.Ele.	Item	LoLC Y	a	Design Criteria				Shogg	Tau	t as built	Assessment	Error
Attributes		LoLC Z	l	DCat	stat	dyn	p2	Ssagg	Reh	t req		Notes
		[mm]	[mm]	req.	[kN/m²]			[N/mm²]		[mm]		
FORRO	QHB	172	344	S Ti1				-126	9	11,0	++	0
DC=80		0	620	40	110	51	149	95	355	10,6		0
FORRO	T1FB	1032	688	S Ti1				-126	5	11,0	++	0
DC=80		0	3100	40	110	51	149	95	355	10,6		0
FORRO	T2FB	3782	688	S Ti1				-126	3	11,0	++	0
DC=80		0	3100	40	110	51	149	95	355	10,6		0
FORRO	T3FB	5844	688	S Ti1				-126	7	11,0	++	0
DC=80		0	3100	45	110	51	149	95	355	10,6		0
FORRO	T4FB	8594	688	S Ti1				-126	16	11,0	++	0
DC=80		0	3100	56	110	51	149	95	355	10,6		0
FORRO	PantoqueB	10657	686	S Ti1				-126	23	12,0	++	0
DC=80		0	3100	63	110	51	149	95	355	10,6		0
FORRO	T1CB	12500	735	S Ti3				-85	42	12,0	++	0
DC=80		1868	3100	63	91	60	130	64	355	10,6		0
FORRO	T2CB	12500	765	S Ti3				-68	41	13,0	+	0
DC=80		2618	3100	56	84	63	123	51	235	12,9		0
FORRO	T3CB	12500	765	S Ti3				-18	47	13,0	++	0
DC=80		4913	3100	50	61	74	101	13	235	12,4		0
FORRO	T4CB	12500	765	S Ti5 Ti3				33	47	13,0	++	0
DC=80		7208	3100	45	42	80	78	-25	235	12,4		0
FORRO	T5CB	12500	750	S Ti7 Ti5				84	41	13,0	++	0
DC=80		9525	3100	50	49	62	73	-63	235	12,4		0
FORRO	T6CB	12500	750	S Ti7				151	25	13,0	++	0
DC=80		12525	3100	63	19	44	44	-113	355	10,6		0
FORRO	QHE	-172	344	S Ti2				-126	10	11,0	++	0
DC=80		0	620	40	110	51	149	95	355	10,6		0
FORRO	T1FE	-1032	688	S Ti2				-126	5	11,0	++	0
DC=80		0	3100	40	110	51	149	95	355	10,6		0
FORRO	T2FE	-3782	688	S Ti2				-126	3	11,0	++	0
DC=80		0	3100	40	110	51	149	95	355	10,6		0
FORRO	T3FE	-5844	688	S Ti2				-126	7	11,0	++	0
DC=80		0	3100	45	110	51	149	95	355	10,6		0
FORRO	T4FE	-8594	688	S Ti2				-126	16	11,0	++	0
DC=80		0	3100	56	110	51	149	95	355	10,6		0
FORRO	PantoqueE	-10657	686	S Ti2				-126	23	12,0	++	0
DC=80		0	3100	63	110	51	149	95	355	10,6		0
FORRO	T1CE	-12500	735	S Ti4				-85	42	12,0	++	0
DC=80		1868	3100	63	91	60	130	64	355	10,6		0
FORRO	T2CE	-12500	765	S Ti4				-68	41	13,0	+	0
DC=80		2618	3100	56	84	63	123	51	235	12,9		0
FORRO	T3CE	-12500	765	S Ti4				-18	47	13,0	++	0
DC=80		4913	3100	50	61	74	101	13	235	12,4		0
FORRO	T4CE	-12500	765	S Ti6 Ti4				33	47	13,0	++	0
DC=80		7208	3100	45	42	80	78	-25	235	12,4		0
FORRO	T5CE	-12500	750	S Ti8 Ti6				84	41	13,0	++	0
DC=80		9525	3100	50	49	62	73	-63	355	10,6		0
FORRO	T6CE	-12500	750	S Ti8				151	25	13,0	++	0
DC=80		12525	3100	63	19	44	44	-113	355	10,6		0
DF	T1DFB	172	344	IB Ti2 C1 WT Ti1				-93	15	18,0	++	0
DC=80		1500	620	36	80	28	134	70	355	17,4		0
DF	T2DFB	2407	686	IB Ti2 C1 WT Ti1				-93	9	18,0	++	0
DC=80		1500	3100	36	80	35	134	70	355	17,4		0
DF	T3DFB	5157	686	IB Ti2 C1 WT Ti1				-93	5	18,0	++	0
DC=80		1500	3100	36	80	42	134	70	355	17,4		0
DF	T4DFB	7220	688	IB Ti2 C1 WT Ti1				-93	14	18,0	++	0
DC=80		1500	3100	40	80	48	134	70	355	17,4		0
DF	T5DFB	9282	688	IB Ti2 C1 WT Ti1				-93	22	18,0	++	0
DC=80		1500	3100	45	80	54	134	70	355	17,4		0
DF	T6DFB	11710	T 620	IB Ti1 Ti3 WT				-93	16	13,0	++	0
XT DC=80		1500	700	50	69	26	134	70	235	10,2		0
DF	T1DFE	-172	344	IB Ti2 C1 WT				-93	15	18,0	++	0
DC=80		1500	620	36	80	28	134	70	355	17,4		0

5.1.1 Long. Plates (Frame No: 124 F/A: A+F)

X =	**77,905**	**SW BM hogg**	**0,523**	**Des. BM hogg**	**0,881**	**SW SF**	**0,713**
(1+av) =	**1,172**	**sagg**	**0,205**	**sagg**	**0,801**	**Des. SF**	**0,928**

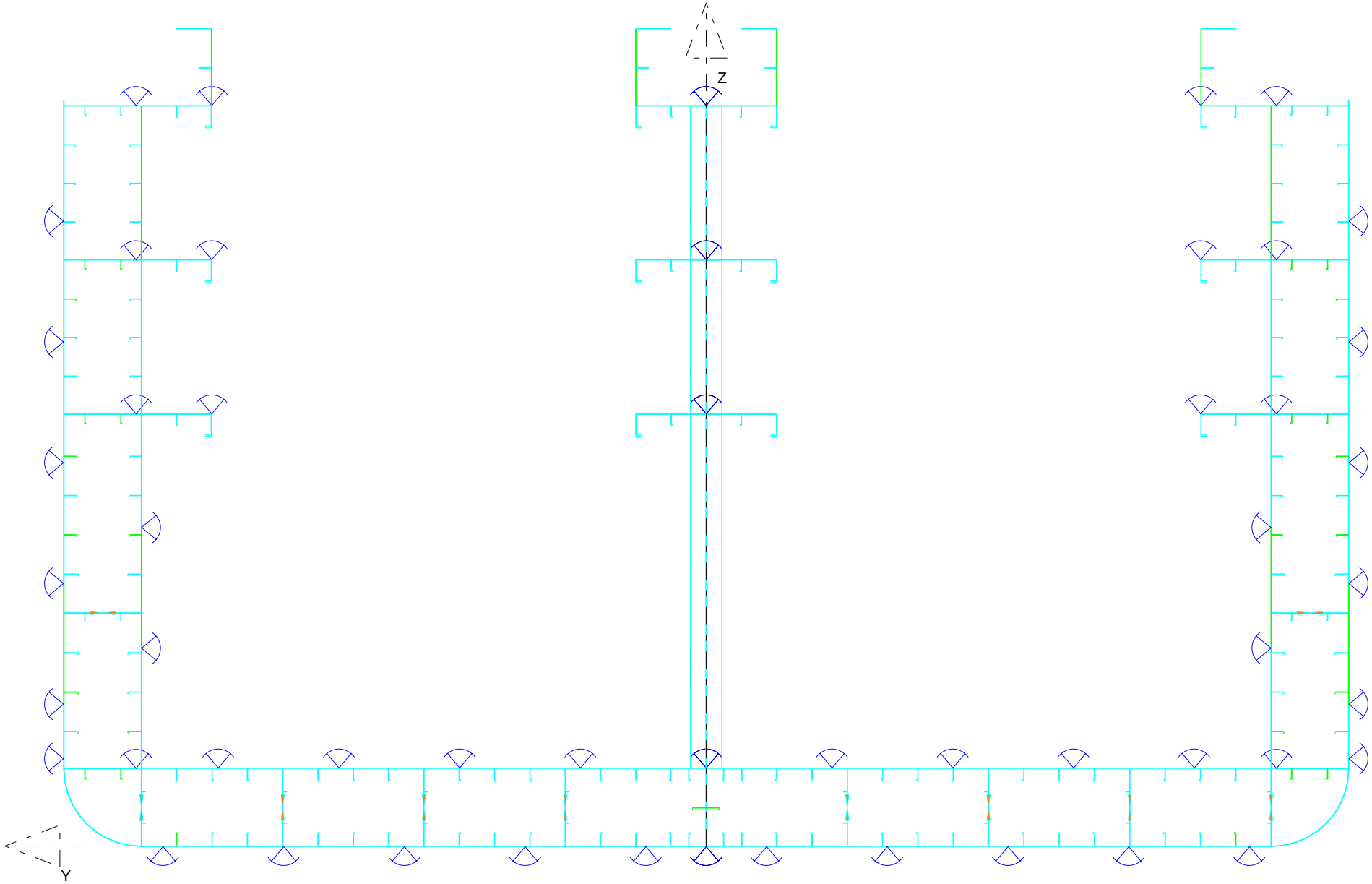
Func.Ele.	Item	LoLC Y	a	Design Criteria				Shogg	Tau	t as built	Assessment	Error
Attributes		LoLC Z	l	DCat	stat	dyn	p2	Ssagg	Reh	t req		Notes
		[mm]	[mm]	req.	[kN/m²]			[N/mm²]		[mm]		
DF	T2DFE	-2407	686	IB Ti2 C1 WT				-93	9	18,0	++	0
DC=80		1500	3100	36	80	28	134	70	355	17,4		0
DF	T3DFE	-5157	686	IB Ti2 C1 WT				-93	5	18,0	++	0
DC=80		1500	3100	36	80	28	134	70	355	17,4		0
DF	T4DFE	-7220	688	IB Ti2 C1 WT				-93	14	18,0	++	0
DC=80		1500	3100	36	80	28	134	70	355	17,4		0
DF	T5DFE	-9282	688	IB Ti2 C1 WT				-93	22	18,0	++	0
DC=80		1500	3100	40	80	28	134	70	355	17,4		0
DF	T6DFE	-11710	T 620	IB Ti2 Ti4 WT				-93	16	13,0	++	0
XT DC=80		1500	700	50	69	26	134	70	235	10,2		0
PAL	TPALB	11200	400	Tw3				-26	6	9,0	++	0
DC=80		4530	3100	36	0	0	0	20	235	8,6		0
PAL	TPALE	-11200	400	Tw4				-26	6	9,0	++	0
DC=80		4530	3100	36	0	0	0	20	235	8,6		0
E2	T1E2B	344	688	C2 WT				60	3	9,0	++	0
DC=80		8400	3100	36	35	12	0	-45	235	8,6		0
E2	T5E2B	9970	688	C2 WT				60	2	9,0	++	0
DC=80		8400	3100	36	35	12	0	-45	235	8,6		0
E2	T6E2B	11200	400	Ti3 Ti5 WT				60	1	9,0	++	0
DC=80		8400	3100	36	30	10	66	-45	235	8,6		0
E2	T1E2E	-344	688	C2 WT				60	3	9,0	++	0
DC=80		8400	3100	36	35	12	0	-45	235	8,6		0
E2	T5E2E	-9970	688	C2 WT				60	2	9,0	++	0
DC=80		8400	3100	36	35	12	0	-45	235	8,6		0
E2	T6E2E	-11200	400	Ti4 Ti6 WT				60	1	9,0	++	0
DC=80		8400	3100	36	30	10	66	-45	235	8,6		0
E1	T1E1B	344	688	C2 WT				126	7	9,0	++	0
DC=80		11400	3100	36	35	12	0	-94	235	8,6		0
E1	T5E1B	9970	688	C2 WT				126	4	9,0	++	0
DC=80		11400	3100	50	35	12	0	-94	235	8,6		0
E1	T6E1B	11200	400	Ti5 Ti7 WT				126	5	9,0	++	0
DC=80		11400	3100	45	30	10	55	-94	235	8,6		0
E1	T1E1E	-344	688	C2 WT				126	7	9,0	++	0
DC=80		11400	3100	36	35	12	0	-94	235	8,6		0
E1	T5E1E	-9970	688	C2 WT				126	4	9,0	++	0
DC=80		11400	3100	50	35	12	0	-94	235	8,6		0
E1	T6E1E	-11200	400	Ti6 Ti8 WT				126	5	9,0	++	0
DC=80		11400	3100	45	30	10	55	-94	235	8,6		0
CP	T1CPB	344	688	WD C3 WT				192	22	11,0	++	0
DC=80		14400	3100	56	25	29	0	-144	355	9,0		0
CP	T5CPB	9970	688	WD C3 WT				192	18	11,0	++	0
DC=80		14400	3100	80	25	29	0	-144	355	10,4		0
CP	T6CPB	11200	400	WD C3 WT Ti7				192	9	11,0	++	0
DC=80		14400	3100	71	25	29	25	-144	355	10,4		0
CP	T1CPE	-344	688	WD C3 WT				192	22	11,0	++	0
DC=80		14400	3100	56	25	29	0	-144	355	9,0		0
CP	T5CPE	-9970	688	WD C3 WT				192	18	11,0	++	0
DC=80		14400	3100	80	25	29	0	-144	355	10,4		0
CP	T6CPE	-11200	400	WD Ti8 C3 WT				192	9	11,0	++	0
DC=80		14400	3100	71	25	29	25	-144	355	10,4		0
DCB	T1DCBB	11000	735	Ti3 WT				-85	44	10,0	++	0
DC=80		1868	3100	56	66	23	130	64	235	9,5		0
DCB	T2DCBB	11000	765	Ti3 WT				-35	53	9,0	+	0
DC=80		4148	3100	40	43	15	108	26	235	8,7		0
DCB	T3DCBB	11000	765	Ti3 WT				16	50	9,0	++	0
DC=80		6443	3100	36	20	7	86	-12	235	8,6		0
DCB	T1DCBB	-11000	735	Ti4 WT				-85	44	10,0	++	0
DC=80		1868	3100	56	66	23	130	64	235	9,5		0
DCB	T2DCBB	-11000	765	Ti4 WT				-35	53	9,0	+	0
DC=80		4148	3100	40	43	15	108	26	235	8,7		0
DCB	T3DCBB	-11000	765	Ti4 WT				16	50	9,0	++	0
DC=80		6443	3100	36	20	7	86	-12	235	8,6		0

5.1.1 Long. Plates (Frame No: 124 F/A: A+F)

X =	**77,905**	**SW BM hogg**	**0,523**	**Des. BM hogg**	**0,881**	**SW SF**	**0,713**
(1+av) =	**1,172**	**sagg**	**0,205**	**sagg**	**0,801**	**Des. SF**	**0,928**

Func.Ele.	Item	LoLC Y	a	Design Criteria				Shogg	Tau	t as built	Assessment	Error
Attributes		LoLC Z	l	DCat	stat	dyn	p2	Ssagg	Reh	t req		Notes
		[mm]	[mm]	req.	[kN/m²]			[N/mm²]		[mm]		
DCM	TDCMB	11000	750	Ti5 WT				68	46	9,0	++	0
DC=80		8775	3100	45	26	9	63	-51	235	8,6		0
DCM	TDCME	-11000	750	Ti6 WT				68	46	9,0	++	0
DC=80		8775	3100	45	26	9	63	-51	235	8,6		0
DCA	TDCAB	11000	750	Ti7 WT				184	19	10,0	+	0
DC=80		14025	3100	63	4	4	29	-138	355	10,0		0
DCA	TDCAE	-11000	750	Ti8 WT				184	19	10,0	+	0
DC=80		14025	3100	63	4	4	29	-138	355	10,0		0
CRB	T1CRB	0	T 620	WT				0	94	9,0	++	0
CV620*620	DC=80	1810	6900	36	0	0	0	0	235	8,0		2
CRM	TCRM	0	T 620	WT				0	86	9,0	++	0
CV620*620	DC=80	8710	3000	36	0	0	0	0	235	7,5		2
CRA	TCRA	0	T 620	WT				0	65	9,0	++	0
CV620*620	DC=80	11710	3000	36	0	0	0	0	235	6,0		2
QV	Quilla	0	T 620	Ti1 Ti2 WT				-120	25	9,0	++	0
XT DC=80		310	750	40	12	35	146	90	235	8,6		0
V2750	V2750B	2750	450	FL Tw1				-121	11	9,0	++	0
DC=80		225	3100	36	0	0	0	91	235	8,6		0
V2750	V2750E	-2750	450	Tw2				-121	11	9,0	++	0
DC=80		225	3100	36	0	0	0	91	235	8,6		0
V5500	V5500B	5500	450	Tw1				-121	7	9,0	++	0
DC=80		225	3100	36	0	0	0	91	235	8,6		0
V5500	V5500E	-5500	450	Tw2				-121	7	9,0	++	0
DC=80		225	3100	36	0	0	0	91	235	8,6		0
V8250	V8250B	8250	450	Tw1				-121	8	9,0	++	0
DC=80		225	3100	36	0	0	0	91	235	8,6		0
V8250	V8250E	-8250	450	Tw2				-121	8	9,0	++	0
DC=80		225	3100	36	0	0	0	91	235	8,6		0
V11000	V11000B	11000	450	Tw1				-121	15	9,0	++	0
DC=80		225	620	45	0	0	0	91	235	8,6		0
V11000	V11000E	-11000	450	Tw2				-121	15	9,0	++	0
DC=80		225	620	45	0	0	0	91	235	8,6		0
BRI	Brazolainterio	1376	750					217	7	10,0	+	0
DC=80		15525	1240	50	0	0	0	-163	355	10,0		0
BRI	Brazolainterio	-1376	750					217	7	10,0	+	0
DC=80		15525	1240	50	0	0	0	-163	355	10,0		0
BRE	Brazolaexterio	9626	750					217	7	10,0	+	0
DC=80		15525	1240	71	0	0	0	-163	355	10,0		0
BRE	Brazolaexterio	-9626	750					217	7	10,0	+	0
DC=80		15525	1240	71	0	0	0	-163	355	10,0		0
TBRI	TpbrazintB	1032	688	C4				226	4	10,0	++	0
DC=80		15900	1240	50	100	34	0	-169	355	9,5		0
TBRI	TpbrazintE	-1032	688	C4				226	4	10,0	++	0
DC=80		15900	1240	50	100	34	0	-169	355	9,5		0
TBRE	TpbrazextB	9970	688	C4				226	4	10,0	++	0
DC=80		15900	1240	71	100	34	0	-169	355	9,5		0
TBRE	TpbrazintE	-9970	688	C4				226	4	10,0	++	0
DC=80		15900	1240	71	100	34	0	-169	355	9,5		0

Frame No.: 124 (A+F)



ANEXO IV:

RESULTADOS DE PERFILES LONGITUDINALES

5.1.2 Long. Stiffeners (Frame No: 124 F/A: A+F)

X =	77,905	SW BM hogg	0,523	Des. BM hogg	0,881	SW SF	0,713
(1+av) =	1,172	sagg	0,205	sagg	0,801	Des. SF	0,928

Func.Ele.	Item	LoLC Y	a	Design Criteria				Shogg	Tau	as built scantlings				Assessment	Error
Attributes		LoLC Z	l	DCat	stat	dyn	p2	Ssagg	Reh	t req	W req.	As req	I req		Notes
		[mm]	[mm]		[kN/m²]			[N/mm²]		[mm]	[cm³]	[cm²]	[cm4]		
E2	L1E2B	688	688	C2 WT				60	2	HP 220*10.0				++	0
DC=63		8400	3100	36	35	12	0	-45	235	0,0	149	4	322		0
E2	L2E2B	1376	T 446	C2 WT				60	2	L 425*12.0*120*24.0				++	0
DC=63		8400	3100	36	35	12	0	-45	235	0,0	969	14	5345		0
E2	L14E2B	9626	T 446	C2 WT				60	2	L 425*12.0*120*24.0				++	0
DC=63		8400	3100	36	35	12	0	-45	235	0,0	969	14	7060		0
E2	L15E2B	10314	687	C2 WT				60	3	HP 220*10.0				++	0
DC=63		8400	3100	36	35	12	0	-45	235	0,0	149	4	414		0
E2	L16E2B	11400	550	Ti3 Ti5 WT To5				60	1	HP 180* 9.0				+	0
DC=63		8400	3100	36	30	10	66	-45	235	8,6	151	5	270		0
E2	L17E2B	12100	550	Ti3 Ti5 WT To5				60	3	HP 180* 9.0				+	0
DC=63		8400	3100	36	30	10	66	-45	235	8,6	151	5	268		0
E2	L1E2E	-688	688	C2 WT				60	2	HP 220*10.0				++	0
DC=63		8400	3100	36	35	12	0	-45	235	0,0	149	4	322		0
E2	L2E2E	-1376	T 446	C2 WT				60	2	L 425*12.0*120*24.0				++	0
DC=63		8400	3100	36	35	12	0	-45	235	0,0	969	14	5345		0
E2	L14E2E	-9626	T 446	C2 WT				60	2	L 425*12.0*120*24.0				++	0
DC=63		8400	3100	36	35	12	0	-45	235	0,0	969	14	7060		0
E2	L15E2E	-10314	687	C2 WT				60	3	HP 220*10.0				++	0
DC=63		8400	3100	36	35	12	0	-45	235	0,0	149	4	414		0
E2	L16E2E	-11400	550	Ti4 Ti6 WT To6				60	1	HP 180* 9.0				+	0
DC=63		8400	3100	36	30	10	66	-45	235	8,6	151	5	270		0
E2	L17E2E	-12100	550	Ti4 Ti6 WT To6				60	3	HP 180* 9.0				+	0
DC=63		8400	3100	36	30	10	66	-45	235	8,6	151	5	268		0
E1	L1E1B	688	688	C2 WT				126	4	HP 220*10.0				++	0
DC=63		11400	3100	36	35	12	0	-94	235	0,0	183	4	796		0
E1	L2E1B	1376	T 446	C2 WT				126	4	L 425*12.0*120*24.0				++	0
DC=63		11400	3100	36	35	12	0	-94	235	0,0	969	14	14640		0
E1	L14E1B	9626	T 446	C2 WT				126	4	L 425*12.0*120*24.0				++	0
DC=63		11400	3100	50	35	12	0	-94	235	0,0	1175	14	14640		0
E1	L15E1B	10314	687	C2 WT				126	7	HP 220*10.0				++	0
DC=63		11400	3100	45	35	12	0	-94	235	0,0	257	4	794		0
E1	L16E1B	11400	550	Ti5 Ti7 WT To7				126	5	HP 180* 9.0				+	0
DC=63		11400	3100	50	30	10	55	-94	235	8,6	157	4	511		0
E1	L17E1B	12100	550	Ti5 Ti7 WT To7				126	10	HP 180* 9.0				+	0
DC=63		11400	3100	45	30	10	55	-94	235	8,6	152	4	511		0
E1	L1E1E	-688	688	C2 WT				126	4	HP 220*10.0				++	0
DC=63		11400	3100	36	35	12	0	-94	235	0,0	183	4	796		0
E1	L2E1E	-1376	T 446	C2 WT				126	4	L 425*12.0*120*24.0				++	0
DC=63		11400	3100	36	35	12	0	-94	235	0,0	969	14	14640		0
E1	L14E1E	-9626	T 446	C2 WT				126	4	L 425*12.0*120*24.0				++	0
DC=63		11400	3100	50	35	12	0	-94	235	0,0	1175	14	14640		0
E1	L15E1E	-10314	687	C2 WT				126	7	HP 220*10.0				++	0
DC=63		11400	3100	45	35	12	0	-94	235	0,0	257	4	794		0
E1	L16E1E	-11400	550	Ti6 Ti8 WT To8				126	5	HP 180* 9.0				+	0
DC=63		11400	3100	50	30	10	55	-94	235	8,6	157	4	511		0
E1	L17E1E	-12100	550	Ti6 Ti8 WT To8				126	10	HP 180* 9.0				+	0
DC=63		11400	3100	45	30	10	55	-94	235	8,6	152	4	511		0
CP	L1CPB	688	688	WD C3 WT				192	18	HP 220*10.0				++	0
DC=63		14400	3100	56	19	29	0	-144	355	0,0	79	1	1171		0
CP	L2CPB	1376	T 446	WD C3 WT				192	18	L 425*12.0*120*24.0				++	0
DC=63		14400	3100	56	19	29	0	-144	355	0,0	379	6	19493		0
CP	L14CPB	9626	T 446	WD C3 WT				192	18	L 425*12.0*120*24.0				++	0
DC=63		14400	3100	80	19	29	0	-144	355	0,0	502	6	19493		0
CP	L15CPB	10314	687	WD C3 WT				192	22	HP 220*10.0				++	0
DC=63		14400	3100	80	19	29	0	-144	355	0,0	110	1	1169		0
CP	L16CPB	11400	550	WD C3 WT Ti7				192	9	HP 180* 9.0				++	0
DC=63		14400	3100	71	19	29	25	-144	355	8,6	79	1	786		0
CP	L17CPB	12100	550	WD C3 WT Ti7				192	16	HP 180* 9.0				++	0
DC=63		14400	3100	71	19	29	25	-144	355	8,6	73	1	786		0
CP	L1CPE	-688	688	WD C3 WT				192	18	HP 220*10.0				++	0
DC=63		14400	3100	56	19	29	0	-144	355	0,0	79	1	1171		0

5.1.2 Long. Stiffeners (Frame No: 124 F/A: A+F)

X =	77,905	SW BM hogg	0,523	Des. BM hogg	0,881	SW SF	0,713
(1+av) =	1,172	sagg	0,205	sagg	0,801	Des. SF	0,928

Func.Ele.	Item	LoLC Y	a	Design Criteria				Shogg	Tau	as built scantlings				Assessment	Error
Attributes		LoLC Z	l	DCa	stat	dyn	p2	Ssagg	Reh	t req	W req.	As req	I req		Notes
		[mm]	[mm]	t	[kN/m²]			[N/mm²]		[mm]	[cm³]	[cm²]	[cm4]		
CP	L2CPE	-1376	T 446	WD C3 WT				192	18	L 425*12.0*120*24.0				++	0
DC=63		14400	3100	56	19	29	0	-144	355	0,0	379	6	19493		0
CP	L14CPE	-9626	T 446	WD C3 WT				192	18	L 425*12.0*120*24.0				++	0
DC=63		14400	3100	80	19	29	0	-144	355	0,0	502	6	19493		0
CP	L15CPE	-10314	687	WD C3 WT				192	22	HP 220*10.0				++	0
DC=63		14400	3100	80	19	29	0	-144	355	0,0	110	1	1169		0
CP	L16CPE	-11400	550	WD Ti8 C3 WT				192	9	HP 180* 9.0				++	0
DC=63		14400	3100	71	19	29	25	-144	355	8,6	79	1	786		0
CP	L17CPE	-12100	550	WD Ti8 C3 WT				192	16	HP 180* 9.0				++	0
DC=63		14400	3100	71	19	29	25	-144	355	8,6	73	1	786		0
BRI	LBRIB	1376	750					209	7	FB 240*14.0				++	0
DC=63		15150	1240	50	0	0	0	-156	355	0,0	0	0	865		0
BRI	LBRIE	-1376	750					209	7	FB 240*14.0				++	0
DC=63		15150	1240	50	0	0	0	-156	355	0,0	0	0	865		0
BRE	LBREB	9626	750					209	7	FB 240*14.0				++	0
DC=63		15150	1240	71	0	0	0	-156	355	0,0	0	0	865		0
BRE	LBREE	-9626	750					209	7	FB 240*14.0				++	0
DC=63		15150	1240	71	0	0	0	-156	355	0,0	0	0	865		0
PAL	L1PALB	11400	550	Tw3				-26	6	HP 140* 9.0				++	0
DC=63		4530	3100	36	0	0	0	20	235	8,6	1	0	245		0
PAL	L2PALB	12100	550	Tw3				-26	7	HP 140* 9.0				++	0
DC=63		4530	3100	36	0	0	0	20	235	8,6	1	0	276		0
PAL	L1PALE	-11400	550	Tw4				-26	6	HP 140* 9.0				++	0
DC=63		4530	3100	36	0	0	0	20	235	8,6	1	0	245		0
PAL	L2PALE	-12100	550	Tw4				-26	7	HP 140* 9.0				++	0
DC=63		4530	3100	36	0	0	0	20	235	8,6	1	0	276		0
DCB	L1DCBB	11000	750	Ti3 WT				-77	44	HP 260*10.0				+	0
DC=63		2235	3100	50	62	21	127	58	235	8,6	403	12	1300		0
DCB	L2DCBB	11000	765	Ti3 WT				-60	47	HP 260*10.0				++	0
DC=63		3000	3100	45	54	19	119	45	235	8,6	371	11	1033		0
DCB	L3DCBB	11000	765	Ti3 WT				-43	53	HP 260*10.0				++	0
DC=63		3765	3100	36	47	16	112	32	235	8,6	347	11	730		0
DCB	L4DCBB	11000	765	Ti3 WT				-9	50	HP 260*10.0				++	0
DC=63		5295	3100	36	31	11	97	7	235	8,6	301	9	231		0
DCB	L5DCBB	11000	765	Ti3 WT				8	50	HP 220*10.0				-	0
DC=63		6060	3100	36	24	8	89	-6	235	8,6	277	8	169		0
DCB	L6DCBB	11000	765	Ti3 WT				25	50	HP 220*10.0				++	0
DC=63		6825	3100	36	16	5	82	-18	235	8,6	254	8	200		0
DCB	L7DCBB	11000	788	Ti3 WT				42	50	HP 220*10.0				++	0
DC=63		7590	3100	36	8	4	74	-31	235	8,6	237	7	281		0
DCB	L1DCBE	-11000	750	Ti4 WT				-77	44	HP 260*10.0				+	0
DC=63		2235	3100	50	62	21	127	58	235	8,6	403	12	1300		0
DCB	L2DCBE	-11000	765	Ti4 WT				-60	47	HP 260*10.0				++	0
DC=63		3000	3100	45	54	19	119	45	235	8,6	371	11	1033		0
DCB	L3DCBE	-11000	765	Ti4 WT				-43	53	HP 260*10.0				++	0
DC=63		3765	3100	36	47	16	112	32	235	8,6	347	11	730		0
DCB	L4DCBE	-11000	765	Ti4 WT				-9	50	HP 260*10.0				++	0
DC=63		5295	3100	36	31	11	97	7	235	8,6	301	9	231		0
DCB	L5DCBE	-11000	765	Ti4 WT				8	50	HP 220*10.0				-	0
DC=63		6060	3100	36	24	8	89	-6	235	8,6	277	8	169		0
DCB	L6DCBE	-11000	765	Ti4 WT				25	50	HP 220*10.0				++	0
DC=63		6825	3100	36	16	5	82	-18	235	8,6	254	8	200		0
DCB	L7DCBE	-11000	788	Ti4 WT				42	50	HP 220*10.0				++	0
DC=63		7590	3100	36	8	4	74	-31	235	8,6	237	7	281		0
DCM	L1DCMB	11000	750	Ti5 WT				76	44	HP 220*10.0				++	0
DC=63		9150	3100	36	23	8	59	-57	235	8,6	180	5	468		0
DCM	L2DCMB	11000	750	Ti5 WT				93	42	HP 220*10.0				++	0
DC=63		9900	3100	36	15	5	52	-69	235	8,6	157	5	592		0
DCM	L3DCMB	11000	750	Ti5 WT				109	39	HP 220*10.0				++	0
DC=63		10650	3100	40	8	4	44	-82	235	8,6	135	4	733		0
DCM	L1DCME	-11000	750	Ti6 WT				76	44	HP 220*10.0				++	0
DC=63		9150	3100	36	23	8	59	-57	235	8,6	180	5	468		0

5.1.2 Long. Stiffeners (Frame No: 124 F/A: A+F)

X =	77,905	SW BM hogg	0,523	Des. BM hogg	0,881	SW SF	0,713
(1+av) =	1,172	sagg	0,205	sagg	0,801	Des. SF	0,928

Func.Ele.	Item	LoLC Y	a	Design Criteria				Shogg	Tau	as built scantlings				Assessment	Error
Attributes		LoLC Z	l	DCa	stat	dyn	p2	Ssagg	Reh	t req	W req.	As req	I req		Notes
		[mm]	[mm]	t	[kN/m²]			[N/mm²]		[mm]	[cm³]	[cm²]	[cm4]		
DCM	L2DCME	-11000	750	Ti6 WT				93	42	HP 220*10.0				++	0
DC=63		9900	3100	36	15	5	52	-69	235	8,6	157	5	592		0
DCM	L3DCME	-11000	750	Ti6 WT				109	39	HP 220*10.0				++	0
DC=63		10650	3100	40	8	4	44	-82	235	8,6	135	4	733		0
DCA	L1DCAB	11000	750	Ti7 WT				143	27	HP 220*10.0				++	0
DC=63		12150	3100	50	23	8	47	-107	355	8,6	104	3	829		0
DCA	L2DCAB	11000	750	Ti7 WT				159	23	HP 220*10.0				++	0
DC=63		12900	3100	56	15	5	40	-119	355	8,6	88	3	946		0
DCA	L3DCAB	11000	750	Ti7 WT				176	19	HP 220*10.0				++	0
DC=63		13650	3100	56	8	4	32	-132	355	8,6	71	2	1071		0
DCA	L1DCAE	-11000	750	Ti8 WT				143	27	HP 220*10.0				++	0
DC=63		12150	3100	50	23	8	47	-107	355	8,6	104	3	829		0
DCA	L2DCAE	-11000	750	Ti8 WT				159	23	HP 220*10.0				++	0
DC=63		12900	3100	56	15	5	40	-119	355	8,6	88	3	946		0
DCA	L3DCAE	-11000	750	Ti8 WT				176	19	HP 220*10.0				++	0
DC=63		13650	3100	56	8	4	32	-132	355	8,6	71	2	1071		0
FORRO	L1FORROB	344	344	S Ti1				-126	7	HP 260*10.0				++	0
DC=63		0	3100	36	110	51	149	95	355	8,6	169	5	594		0
FORRO	L2FORROB	688	516	S Ti1				-126	7	HP 260*10.0				++	0
DC=63		0	3100	36	110	51	149	95	355	8,6	252	7	842		0
FORRO	L3FORROB	1376	688	S Ti1				-126	2	HP 260*10.0				++	0
DC=63		0	3100	36	110	51	149	95	355	8,6	333	9	1128		0
FORRO	L4FORROB	2064	687	S Ti1				-126	3	HP 260*10.0				++	0
DC=63		0	3100	36	110	51	149	95	355	8,6	334	9	1127		0
FORRO	L5FORROB	3438	688	S Ti1				-126	3	HP 260*10.0				++	0
DC=63		0	3100	36	110	51	149	95	355	8,6	338	9	1128		0
FORRO	L6FORROB	4126	688	S Ti1				-126	6	HP 260*10.0				++	0
DC=63		0	3100	36	110	51	149	95	355	8,6	340	9	1128		0
FORRO	L7FORROB	4814	687	S Ti1				-126	9	HP 260*10.0				++	0
DC=63		0	3100	36	110	51	149	95	355	8,6	341	9	1127		0
FORRO	L8FORROB	6188	688	S Ti1				-126	11	HP 260*10.0				++	0
DC=63		0	3100	36	110	51	149	95	355	8,6	345	9	1128		0
FORRO	L9FORROB	6876	688	S Ti1				-126	14	HP 260*10.0				++	0
DC=63		0	3100	36	110	51	149	95	355	8,6	347	9	1128		0
FORRO	L10FORROB	7564	687	S Ti1				-126	17	HP 260*10.0				++	0
DC=63		0	3100	36	110	51	149	95	355	8,6	352	9	1127		0
FORRO	L11FORROB	8938	688	S Ti1				-126	19	HP 260*10.0				++	0
DC=63		0	3100	40	110	51	149	95	355	8,6	381	9	1224		0
FORRO	L12FORROB	9626	688	S Ti1				-126	22	HP 260*10.0				++	0
DC=63		0	3100	45	110	51	149	95	355	8,6	397	9	1286		0
FORRO	L13FORROB	10314	687	S Ti1				-126	23	HP 260*10.0				+	0
DC=63		0	3100	45	110	51	149	95	355	8,6	414	9	1429		0
FORRO	L14FORROB	12500	750	S Ti3				-77	42	HP 280*12.0				++	0
DC=63		2235	3100	50	88	61	127	58	355	8,6	368	8	1300		0
FORRO	L15FORROB	12500	765	S Ti3				-60	43	HP 280*12.0				-	0
DC=63		3000	3100	50	80	65	119	45	235	8,6	566	11	1638		0
FORRO	L16FORROB	12500	765	S Ti3				-43	44	HP 280*12.0				++	0
DC=63		3765	3100	45	72	69	112	32	235	8,6	486	11	1275		0
FORRO	LFFORROB	12500	765	S Ti3				0	47	FB 50* 5.0				--	0
DC=63		4530	3100	###	65	72	104	0	235	8,6	359	10	0		0
FORRO	L17FORROB	12500	765	S Ti3				-9	47	HP 280*12.0				++	0
DC=63		5295	3100	40	57	76	97	7	235	8,6	366	9	377		0
FORRO	L18FORROB	12500	765	S Ti3				8	47	HP 240*10.0				+	0
DC=63		6060	3100	45	49	79	89	-6	235	8,6	334	8	291		0
FORRO	L19FORROB	12500	765	S Ti3				25	47	HP 240*10.0				++	0
DC=63		6825	3100	45	42	83	82	-18	235	8,6	326	8	328		0
FORRO	L20FORROB	12500	788	S Ti5 Ti3				42	47	HP 240*10.0				+	0
DC=63		7590	3100	50	38	86	74	-31	235	8,6	334	7	378		0
FORRO	L21FORROB	12500	750	S Ti5				76	41	HP 240*10.0				++	0
DC=63		9150	3100	50	23	71	59	-57	235	8,6	327	6	656		0
FORRO	L22FORROB	12500	750	S Ti7 Ti5				93	39	HP 240*10.0				++	0
DC=63		9900	3100	50	45	63	69	-69	235	8,6	332	6	878		0

5.1.2 Long. Stiffeners (Frame No: 124 F/A: A+F)

X =	77,905	SW BM hogg	0,523	Des. BM hogg	0,881	SW SF	0,713
(1+av) =	1,172	sagg	0,205	sagg	0,801	Des. SF	0,928

Func.Ele.	Item	LoLC Y	a	Design Criteria				Shogg	Tau	as built scantlings				Assessment	Error
Attributes		LoLC Z	l	DCat	stat	dyn	p2	Ssagg	Reh	t req	W req.	As req	I req		Notes
		[mm]	[mm]		[kN/m²]			[N/mm²]		[mm]	[cm³]	[cm²]	[cm4]		
FORRO	L23FORROB	12500	750	S Ti7 Ti5				109	37	HP 240*10.0				+	0
DC=63		10650	3100	50	38	55	62	-82	235	8,6	337	6	1024		0
FORRO	L24FORROB	12500	750	S Ti7				143	25	HP 220*10.0				++	0
DC=63		12150	3100	56	23	46	47	-107	355	8,6	169	3	1009		0
FORRO	L25FORROB	12500	750	S Ti7				159	21	HP 220*10.0				++	0
DC=63		12900	3100	63	15	43	40	-119	355	8,6	164	3	1151		0
FORRO	L26FORROB	12500	750	S Ti7				176	17	HP 220*10.0				++	0
DC=63		13650	3100	63	8	40	32	-132	355	8,6	162	2	1303		0
FORRO	L1FORROE	-344	344	S Ti2				-126	7	HP 260*10.0				++	0
DC=63		0	3100	36	110	51	149	95	355	8,6	169	5	594		0
FORRO	L2FORROE	-688	516	S Ti2				-126	7	HP 260*10.0				++	0
DC=63		0	3100	36	110	51	149	95	355	8,6	252	7	842		0
FORRO	L3FORROE	-1376	688	S Ti2				-126	2	HP 260*10.0				++	0
DC=63		0	3100	36	110	51	149	95	355	8,6	333	9	1128		0
FORRO	L4FORROE	-2064	687	S Ti2				-126	3	HP 260*10.0				++	0
DC=63		0	3100	36	110	51	149	95	355	8,6	334	9	1127		0
FORRO	L5FORROE	-3438	688	S Ti2				-126	3	HP 260*10.0				++	0
DC=63		0	3100	36	110	51	149	95	355	8,6	338	9	1128		0
FORRO	L6FORROE	-4126	688	S Ti2				-126	6	HP 260*10.0				++	0
DC=63		0	3100	36	110	51	149	95	355	8,6	340	9	1128		0
FORRO	L7FORROE	-4814	687	S Ti2				-126	9	HP 260*10.0				++	0
DC=63		0	3100	36	110	51	149	95	355	8,6	341	9	1127		0
FORRO	L8FORROE	-6188	688	S Ti2				-126	11	HP 260*10.0				++	0
DC=63		0	3100	36	110	51	149	95	355	8,6	345	9	1128		0
FORRO	L9FORROE	-6876	688	S Ti2				-126	14	HP 260*10.0				++	0
DC=63		0	3100	36	110	51	149	95	355	8,6	347	9	1128		0
FORRO	L10FORROE	-7564	687	S Ti2				-126	17	HP 260*10.0				++	0
DC=63		0	3100	36	110	51	149	95	355	8,6	352	9	1127		0
FORRO	L11FORROE	-8938	688	S Ti2				-126	19	HP 260*10.0				++	0
DC=63		0	3100	40	110	51	149	95	355	8,6	381	9	1224		0
FORRO	L12FORROE	-9626	688	S Ti2				-126	22	HP 260*10.0				++	0
DC=63		0	3100	45	110	51	149	95	355	8,6	397	9	1286		0
FORRO	L13FORROE	-10314	687	S Ti2				-126	23	HP 260*10.0				+	0
DC=63		0	3100	45	110	51	149	95	355	8,6	414	9	1429		0
FORRO	L14FORROE	-12500	750	S Ti4				-77	42	HP 280*12.0				++	0
DC=63		2235	3100	50	88	61	127	58	355	8,6	368	8	1300		0
FORRO	L15FORROE	-12500	765	S Ti4				-60	43	HP 280*12.0				-	0
DC=63		3000	3100	50	80	65	119	45	235	8,6	566	11	1638		0
FORRO	L16FORROE	-12500	765	S Ti4				-43	44	HP 280*12.0				++	0
DC=63		3765	3100	45	72	69	112	32	235	8,6	486	11	1275		0
FORRO	L17FORROE	-12500	765	S Ti4				-9	47	HP 280*12.0				++	0
DC=63		5295	3100	40	57	76	97	7	235	8,6	366	9	377		0
FORRO	L18FORROE	-12500	765	S Ti4				8	47	HP 240*10.0				+	0
DC=63		6060	3100	45	49	79	89	-6	235	8,6	334	8	291		0
FORRO	L19FORROE	-12500	765	S Ti4				25	47	HP 240*10.0				++	0
DC=63		6825	3100	45	42	83	82	-18	235	8,6	326	8	328		0
FORRO	L20FORROE	-12500	788	S Ti6 Ti4				42	47	HP 240*10.0				+	0
DC=63		7590	3100	50	38	86	74	-31	235	8,6	334	7	378		0
FORRO	L21FORROE	-12500	750	S Ti6				76	41	HP 240*10.0				++	0
DC=63		9150	3100	50	23	71	59	-57	235	8,6	327	6	656		0
FORRO	L22FORROE	-12500	750	S Ti8 Ti6				93	39	HP 240*10.0				++	0
DC=63		9900	3100	50	45	63	69	-69	235	8,6	332	6	878		0
FORRO	L23FORROE	-12500	750	S Ti8 Ti6				109	37	HP 240*10.0				+	0
DC=63		10650	3100	50	38	55	62	-82	235	8,6	337	6	1024		0
FORRO	L24FORROE	-12500	750	S Ti8				143	25	HP 220*10.0				++	0
DC=63		12150	3100	56	23	46	47	-107	355	8,6	169	3	1009		0
FORRO	L25FORROE	-12500	750	S Ti8				159	21	HP 220*10.0				++	0
DC=63		12900	3100	63	15	43	40	-119	355	8,6	164	3	1151		0
FORRO	L26FORROE	-12500	750	S Ti8				176	17	HP 220*10.0				++	0
DC=63		13650	3100	63	8	40	32	-132	355	8,6	162	2	1303		0
FORRO	LFFORROE	-12500	765	S Ti4				0	47	FB 50* 5.0				--	0
DC=63		4530	3100	###	65	72	104	0	235	8,6	359	10	0		0

5.1.2 Long. Stiffeners (Frame No: 124 F/A: A+F)

X =	77,905	SW BM hogg	0,523	Des. BM hogg	0,881	SW SF	0,713
(1+av) =	1,172	sagg	0,205	sagg	0,801	Des. SF	0,928

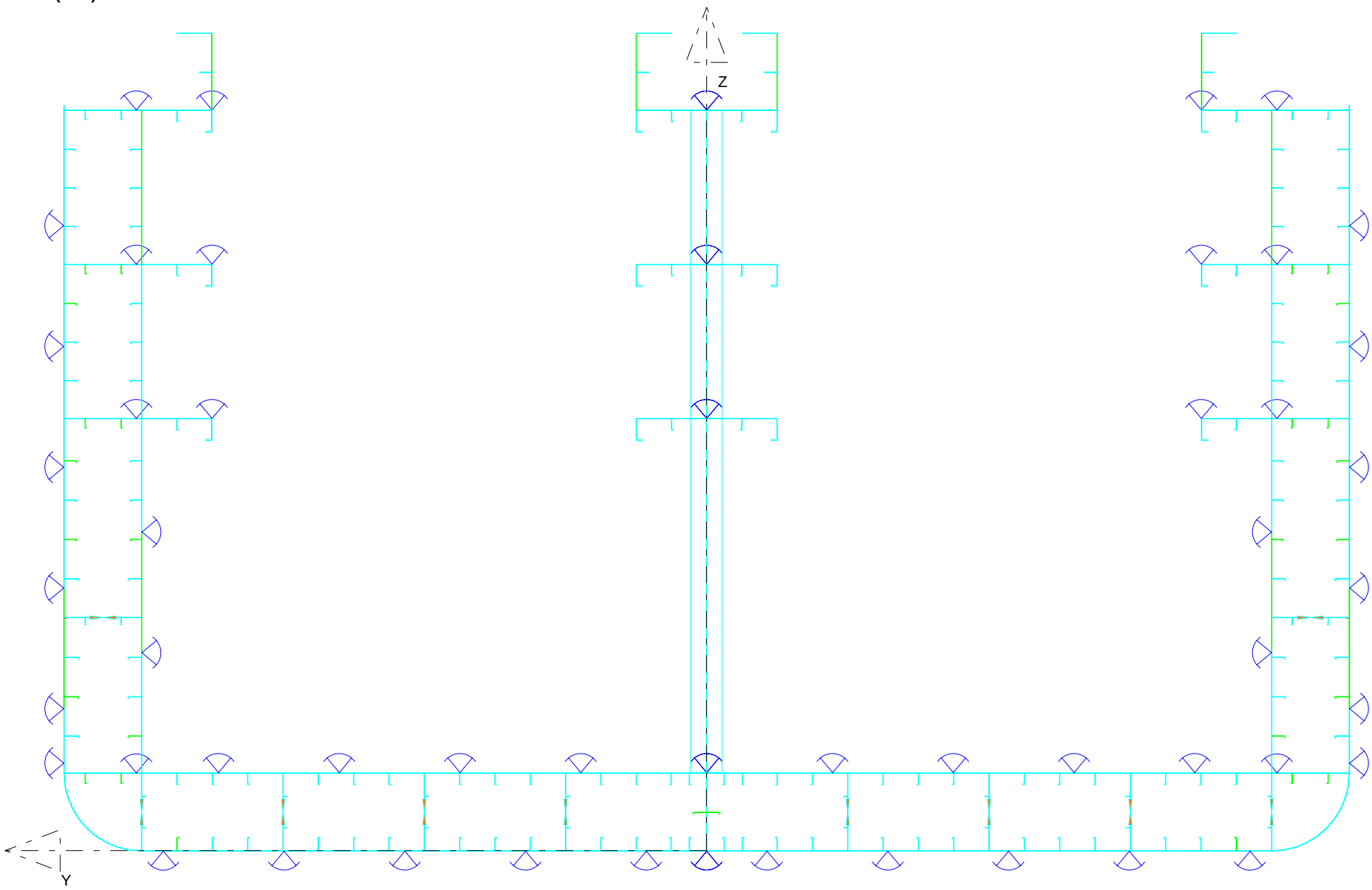
Func.Ele.	Item	LoLC Y	a	Design Criteria				Shogg	Tau	as built scantlings				Assessment	Error
Attributes		LoLC Z	l	DCat	stat	dyn	p2	Ssagg	Reh	t req	W req.	As req	I req		Notes
		[mm]	[mm]		[kN/m²]			[N/mm²]		[mm]	[cm³]	[cm²]	[cm4]		
DF	L0DFB	344	344	IB Ti2 C1 WT Ti1				-93	14	HP 220*10.0				++	0
DC=63		1500	3100	36	80	28	134	70	355	8,6	139	4	501		0
DF	L1DFB	688	516	IB Ti2 C1 WT Ti1				-93	14	HP 220*10.0				++	0
DC=63		1500	3100	36	80	28	134	70	355	8,6	207	6	738		0
DF	L2DFB	1376	688	IB Ti2 C1 WT Ti1				-93	11	HP 220*10.0				++	0
DC=63		1500	3100	36	80	28	134	70	355	8,6	272	8	1011		0
DF	L3DFB	2064	687	IB Ti2 C1 WT Ti1				-93	9	HP 220*10.0				++	0
DC=63		1500	3100	36	80	28	134	70	355	8,6	271	8	1009		0
DF	L4DFB	3438	688	IB Ti2 C1 WT Ti1				-93	1	HP 220*10.0				++	0
DC=63		1500	3100	36	80	28	134	70	355	8,6	272	8	1011		0
DF	L5DFB	4126	688	IB Ti2 C1 WT Ti1				-93	3	HP 220*10.0				++	0
DC=63		1500	3100	36	80	28	134	70	355	8,6	272	8	1011		0
DF	L6DFB	4814	687	IB Ti2 C1 WT Ti1				-93	5	HP 220*10.0				++	0
DC=63		1500	3100	36	80	28	134	70	355	8,6	271	8	1009		0
DF	L7DFB	6188	688	IB Ti2 C1 WT Ti1				-93	12	HP 220*10.0				++	0
DC=63		1500	3100	40	80	28	134	70	355	8,6	272	8	1011		0
DF	L8DFB	6876	688	IB Ti2 C1 WT Ti1				-93	14	HP 220*10.0				++	0
DC=63		1500	3100	40	80	28	134	70	355	8,6	272	8	1028		0
DF	L9DFB	7564	687	IB Ti2 C1 WT Ti1				-93	16	HP 220*10.0				++	0
DC=63		1500	3100	45	80	28	134	70	355	8,6	271	8	1081		0
DF	L10DFB	8938	688	IB Ti2 C1 WT Ti1				-93	22	HP 220*10.0				++	0
DC=63		1500	3100	50	80	28	134	70	355	8,6	272	8	1196		0
DF	L11DFB	9626	688	IB Ti2 C1 WT Ti1				-93	25	HP 220*10.0				++	0
DC=63		1500	3100	50	80	28	134	70	355	8,6	272	8	1254		0
DF	L12DFB	10314	687	IB Ti2 C1 WT Ti1				-93	26	HP 220*10.0				++	0
DC=63		1500	3100	56	80	28	134	70	355	8,6	271	8	1312		0
DF	L13DFB	11400	550	IB Ti1 Ti3 WT To3				-93	14	HP 200*10.0				+	0
DC=63		1500	3100	56	69	25	134	70	355	8,6	220	7	809		0
DF	L14DFB	12100	550	IB Ti1 Ti3 WT To3				-93	17	HP 200*10.0				+	0
DC=63		1500	3100	63	69	27	134	70	355	8,6	220	7	848		0
DF	L0DFE	-344	344	IB Ti2 C1 WT				-93	14	HP 220*10.0				++	0
DC=63		1500	3100	36	80	28	134	70	355	8,6	139	4	501		0
DF	L1DFE	-688	516	IB Ti2 C1 WT				-93	14	HP 220*10.0				++	0
DC=63		1500	3100	36	80	28	134	70	355	8,6	207	6	738		0
DF	L2DFE	-1376	688	IB Ti2 C1 WT				-93	11	HP 220*10.0				++	0
DC=63		1500	3100	36	80	28	134	70	355	8,6	272	8	1011		0
DF	L3DFE	-2064	687	IB Ti2 C1 WT				-93	9	HP 220*10.0				++	0
DC=63		1500	3100	36	80	28	134	70	355	8,6	271	8	1009		0
DF	L4DFE	-3438	688	IB Ti2 C1 WT				-93	1	HP 220*10.0				++	0
DC=63		1500	3100	36	80	28	134	70	355	8,6	272	8	1011		0
DF	L5DFE	-4126	688	IB Ti2 C1 WT				-93	3	HP 220*10.0				++	0
DC=63		1500	3100	36	80	28	134	70	355	8,6	272	8	1011		0
DF	L6DFE	-4814	687	IB Ti2 C1 WT				-93	5	HP 220*10.0				++	0
DC=63		1500	3100	36	80	28	134	70	355	8,6	271	8	1009		0
DF	L7DFE	-6188	688	IB Ti2 C1 WT				-93	12	HP 220*10.0				++	0
DC=63		1500	3100	36	80	28	134	70	355	8,6	272	8	1011		0
DF	L8DFE	-6876	688	IB Ti2 C1 WT				-93	14	HP 220*10.0				++	0
DC=63		1500	3100	36	80	28	134	70	355	8,6	272	8	1028		0
DF	L9DFE	-7564	687	IB Ti2 C1 WT				-93	16	HP 220*10.0				++	0
DC=63		1500	3100	36	80	28	134	70	355	8,6	271	8	1081		0
DF	L10DFE	-8938	688	IB Ti2 C1 WT				-93	22	HP 220*10.0				++	0
DC=63		1500	3100	36	80	28	134	70	355	8,6	272	8	1196		0
DF	L11DFE	-9626	688	IB Ti2 C1 WT				-93	25	HP 220*10.0				++	0
DC=63		1500	3100	36	80	28	134	70	355	8,6	272	8	1254		0
DF	L12DFE	-10314	687	IB Ti2 C1 WT				-93	26	HP 220*10.0				++	0
DC=63		1500	3100	36	80	28	134	70	355	8,6	271	8	1312		0
DF	L13DFB	-11400	550	IB Ti2 Ti4 WT To4				-93	14	HP 200*10.0				+	0
DC=63		1500	3100	56	69	25	134	70	355	8,6	220	7	809		0
DF	L14DFB	-12100	550	IB Ti2 Ti4 WT To4				-93	17	HP 200*10.0				+	0
DC=63		1500	3100	63	69	27	134	70	355	8,6	220	7	848		0
V2750	LV27501B	2750	525	FL Tw1				0	11	FB 75* 9.0				++	0
DC=63		450	3100	36	0	0	0	0	235	8,6	1	0	0		0

5.1.2 Long. Stiffeners (Frame No: 124 F/A: A+F)

X =	**77,905**	**SW BM hogg**	**0,523**	**Des. BM hogg**	**0,881**	**SW SF**	**0,713**
(1+av) =	**1,172**	**sagg**	**0,205**	**sagg**	**0,801**	**Des. SF**	**0,928**

Func.Ele.	Item	LoLC Y	a	Design Criteria				Shogg	Tau	as built scantlings				Assessment	Error
Attributes		LoLC Z	l	DCat	stat	dyn	p2	Ssagg	Reh	t req	W req.	As req	I req		Notes
		[mm]	[mm]		[kN/m²]			[N/mm²]		[mm]	[cm³]	[cm²]	[cm4]		
V2750	LV27502B	2750	525	FL Tw1				0	14	FB 75* 9.0				++	0
DC=63		1050	3100	36	0	0	0	0	235	8,6	1	0	0		0
V2750	LV27501E	-2750	525	Tw2				0	11	FB 75* 9.0				++	0
DC=63		450	3100	36	0	0	0	0	235	8,6	1	0	0		0
V2750	LV27502E	-2750	525	Tw2				0	14	FB 75* 9.0				++	0
DC=63		1050	3100	36	0	0	0	0	235	8,6	1	0	0		0
V5500	LV55001B	5500	525	Tw1				0	7	FB 75* 9.0				++	0
DC=63		450	3100	36	0	0	0	0	235	8,6	1	0	0		0
V5500	LV55002B	5500	525	Tw1				0	10	FB 75* 9.0				++	0
DC=63		1050	3100	36	0	0	0	0	235	8,6	1	0	0		0
V5500	LV55001E	-5500	525	Tw2				0	7	FB 75* 9.0				++	0
DC=63		450	3100	36	0	0	0	0	235	8,6	1	0	0		0
V5500	LV55002E	-5500	525	Tw2				0	10	FB 75* 9.0				++	0
DC=63		1050	3100	36	0	0	0	0	235	8,6	1	0	0		0
V8250	LV82501B	8250	525	Tw1				0	8	FB 75* 9.0				++	0
DC=63		450	3100	36	0	0	0	0	235	8,6	1	0	0		0
V8250	LV82502B	8250	525	Tw1				0	11	FB 75* 9.0				++	0
DC=63		1050	3100	36	0	0	0	0	235	8,6	1	0	0		0
V8250	LV82501E	-8250	525	Tw2				0	8	FB 75* 9.0				++	0
DC=63		450	3100	36	0	0	0	0	235	8,6	1	0	0		0
V8250	LV82502E	-8250	525	Tw2				0	11	FB 75* 9.0				++	0
DC=63		1050	3100	36	0	0	0	0	235	8,6	1	0	0		0
V11000	LV110001B	11000	525	Tw1				0	15	FB 75* 9.0				++	0
DC=63		450	3100	36	0	0	0	0	235	8,6	1	0	0		0
V11000	LV110002B	11000	525	Tw1				0	18	FB 75* 9.0				++	0
DC=63		1050	3100	36	0	0	0	0	235	8,6	1	0	0		0
V11000	LV110001E	-11000	525	Tw2				0	15	FB 75* 9.0				++	0
DC=63		450	3100	36	0	0	0	0	235	8,6	1	0	0		0
V11000	LV110002E	-11000	525	Tw2				0	18	FB 75* 9.0				++	0
DC=63		1050	3100	36	0	0	0	0	235	8,6	1	0	0		0
QV	LQVB	0	750	Ti1 Ti2 WT To1				-110	30	HP 260*12.0				-	0
DC=63		750	3100	36	8	35	141	82	235	8,6	443	13	1368		0
QV	LQVE	0	750	Ti1 Ti2 WT To2				-110	30	HP 260*12.0				-	0
DC=63		750	3100	36	8	35	141	82	235	8,6	443	13	1368		0

Frame No.: 124 (A+F)



ANEXO V:

RESULTADOS DE PLANCHAS TRANSVERSALES

5.2.1 Web Plates (Frame No: 120 F/A: A+F)

Frame No. 120 **F/A A+F** **X = 75,425** **(1+av) = 1,172**

Func.Ele.	Item	LoLC Y	dyz	a	Design Criteria				t as buil	Assess ment	Show more Details	Error
Attributes		LoLC Z	dx	l	stat	dyn	p2	Reh	t req			Notes
		[mm]	[mm]	[mm]	[kN/m²]			[N/mm²]	[mm]			
VRB	Varenga	344	22000	688	Tw1 FL				11.0	++		0
		344	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 1	344	22000	688	Tw1 FL				11.0	++	Calc	0
		344	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 2	1032	22000	688	Tw1 FL				11.0	++	Calc	0
		344	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 3	1720	22000	688	Tw1 FL				11.0	++	Calc	0
		344	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 4	2407	22000	686	Tw1 FL				11.0	++	Calc	0
		343	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 5	3094	22000	688	Tw1 FL				11.0	++	Calc	0
		344	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 6	3782	22000	688	Tw1 FL				11.0	++	Calc	0
		344	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 7	4470	22000	688	Tw1 FL				11.0	++	Calc	0
		344	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 8	5157	22000	686	Tw1 FL				11.0	++	Calc	0
		343	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 9	5844	22000	688	Tw1 FL				11.0	++	Calc	0
		344	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 10	6532	22000	688	Tw1 FL				11.0	++	Calc	0
		344	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 11	7220	22000	688	Tw1 FL				11.0	++	Calc	0
		344	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 12	7907	22000	686	Tw1 FL				11.0	++	Calc	0
		343	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 13	8594	22000	688	Tw1 FL				11.0	++	Calc	0
		344	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 14	9282	22000	688	Tw1 FL				11.0	++	Calc	0
		344	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 15	9970	22000	688	Tw1 FL				11.0	++	Calc	0
		344	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 16	10657	22000	686	Tw1 FL				11.0	++	Calc	0
		343	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 17	11200	22000	400	Tw1 FL				11.0	++	Calc	0
		200	620	1471	0	0	0	235	10,7			0
	==> 18	11750	22000	656	Tw1 FL				11.0	++	Calc	0
		408	620	1351	0	0	0	235	10,7			0
	==> 19	12300	22000	326	Tw1 FL				11.0	++	Calc	0
		685	620	826	0	0	0	235	10,7			0
VRE	Varenga	-344	22000	688	Tw2 FL				11.0	++		0
		344	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 1	-344	22000	688	Tw2 FL				11.0	++	Calc	0
		344	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 2	-1032	22000	688	Tw2 FL				11.0	++	Calc	0
		344	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 3	-1720	22000	688	Tw2 FL				11.0	++	Calc	0
		344	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 4	-2407	22000	686	Tw2 FL				11.0	++	Calc	0
		343	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 5	-3094	22000	688	Tw2 FL				11.0	++	Calc	0
		344	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 6	-3782	22000	688	Tw2 FL				11.0	++	Calc	0
		344	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 7	-4470	22000	688	Tw2 FL				11.0	++	Calc	0
		344	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 8	-5157	22000	686	Tw2 FL				11.0	++	Calc	0
		343	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 9	-5844	22000	688	Tw2 FL				11.0	++	Calc	0
		344	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 10	-6532	22000	688	Tw2 FL				11.0	++	Calc	0
		344	620	1500	0	0	0	235	10,7			0

5.2.1 Web Plates (Frame No: 120 F/A: A+F)

Frame No. 120 **F/A A+F** **X = 75,425** **(1+av) = 1,172**

Func.Ele.	Item	LoLC Y	dyz	a	Design Criteria				t as buil	Assess ment	Show more Details	Error
Attributes		LoLC Z	dx	l	stat	dyn	p2	Reh	t req			Notes
		[mm]	[mm]	[mm]	[kN/m²]			[N/mm²]	[mm]			
	==> 11	-7220	22000	688	Tw2 FL				11.0	++	Calc	0
		344	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 12	-7907	22000	686	Tw2 FL				11.0	++	Calc	0
		343	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 13	-8594	22000	688	Tw2 FL				11.0	++	Calc	0
		344	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 14	-9282	22000	688	Tw2 FL				11.0	++	Calc	0
		344	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 15	-9970	22000	688	Tw2 FL				11.0	++	Calc	0
		344	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 16	-10657	22000	686	Tw2 FL				11.0	++	Calc	0
		343	620	1500	0	0	0	235	10,7			0
	==> 17	-11200	22000	400	Tw2 FL				11.0	++	Calc	0
		200	620	1471	0	0	0	235	10,7			0
	==> 18	-11750	22000	656	Tw2 FL				11.0	++	Calc	0
		408	620	1351	0	0	0	235	10,7			0
	==> 19	-12300	22000	326	Tw2 FL				11.0	++	Calc	0
		685	620	826	0	0	0	235	10,7			0
DCBB1	DC bajo	11200	0	400	Tw3				9.0	++		0
		1700	3100	3030	0	0	0	235	8,6			0
	==> 1	11200	0	400	Tw3				9.0	++	Calc	0
		1700	3100	3030	0	0	0	235	8,6			0
	==> 2	11750	0	700	Tw3				9.0	++	Calc	0
		1850	3100	3030	0	0	0	235	8,6			0
	==> 3	12300	0	400	Tw3				9.0	++	Calc	0
		1700	3100	3030	0	0	0	235	8,6			0
DCBE1	DC bajo	-11200	0	400	Tw4				9.0	++		0
		1700	3100	3030	0	0	0	235	8,6			0
	==> 1	-11200	0	400	Tw4				9.0	++	Calc	0
		1700	3100	3030	0	0	0	235	8,6			0
	==> 2	-11750	0	700	Tw4				9.0	++	Calc	0
		1850	3100	3030	0	0	0	235	8,6			0
	==> 3	-12300	0	400	Tw4				9.0	++	Calc	0
		1700	3100	3030	0	0	0	235	8,6			0
DCBB2	DC bajo	11200	0	400	Tw3				9.0	++		0
		4730	3100	3060	0	0	0	235	8,6			0
	==> 1	11200	0	400	Tw3				9.0	++	Calc	0
		4730	3100	3060	0	0	0	235	8,6			0
	==> 2	11200	0	400	Tw3				9.0	++	Calc	0
		7790	3100	810	0	0	0	235	8,6			0
	==> 3	11750	0	700	Tw3				9.0	++	Calc	0
		4880	3100	3060	0	0	0	235	8,6			0
	==> 4	11750	0	700	Tw3				9.0	++	Calc	0
		7940	3100	810	0	0	0	235	8,6			0
	==> 5	12300	0	400	Tw3				9.0	++	Calc	0
		4730	3100	3060	0	0	0	235	8,6			0
	==> 6	12300	0	400	Tw3				9.0	++	Calc	0
		7790	3100	810	0	0	0	235	8,6			0
DCBE2	DC bajo	-11200	0	400	Tw4				9.0	++		0
		4730	3100	3060	0	0	0	235	8,6			0
	==> 1	-11200	0	400	Tw4				9.0	++	Calc	0
		4730	3100	3060	0	0	0	235	8,6			0
	==> 2	-11200	0	400	Tw4				9.0	++	Calc	0
		7790	3100	810	0	0	0	235	8,6			0
	==> 3	-11750	0	700	Tw4				9.0	++	Calc	0
		4880	3100	3060	0	0	0	235	8,6			0
	==> 4	-11750	0	700	Tw4				9.0	++	Calc	0
		7940	3100	810	0	0	0	235	8,6			0
	==> 5	-12300	0	400	Tw4				9.0	++	Calc	0
		4730	3100	3060	0	0	0	235	8,6			0
	==> 6	-12300	0	400	Tw4				9.0	++	Calc	0
		7790	3100	810	0	0	0	235	8,6			0

5.2.1 Web Plates (Frame No: 120 F/A: A+F)

Frame No. 120 **F/A A+F** **X = 75,425** **(1+av) = 1,172**

Func.Ele.	Item	LoLC Y	dyz	a	Design Criteria				t as buil	Assess ment	Show more Details	Error
Attributes		LoLC Z	dx	l	stat	dyn	p2	Reh	t req			Notes
		[mm]	[mm]	[mm]	[kN/m²]			[N/mm²]	[mm]			
DCMB	DC medi	11200	0	400	Tw5				9.0	++		0
		8600	3100	2250	0	0	0	235	8,6			0
	==> 1	11200	0	400	Tw5				9.0	++	Calc	0
		8600	3100	2250	0	0	0	235	8,6			0
	==> 2	11200	0	400	Tw5				9.0	++	Calc	0
		10850	3100	750	0	0	0	235	8,6			0
	==> 3	11750	0	700	Tw5				9.0	++	Calc	0
		8750	3100	2250	0	0	0	235	8,6			0
	==> 4	11750	0	700	Tw5				9.0	++	Calc	0
		11000	3100	750	0	0	0	235	8,6			0
	==> 5	12300	0	400	Tw5				9.0	++	Calc	0
		8600	3100	2250	0	0	0	235	8,6			0
	==> 6	12300	0	400	Tw5				9.0	++	Calc	0
		10850	3100	750	0	0	0	235	8,6			0
DCME	DC medi	-11200	0	400	Tw6				9.0	++		0
		8600	3100	2250	0	0	0	235	8,6			0
	==> 1	-11200	0	400	Tw6				9.0	++	Calc	0
		8600	3100	2250	0	0	0	235	8,6			0
	==> 2	-11200	0	400	Tw6				9.0	++	Calc	0
		10850	3100	750	0	0	0	235	8,6			0
	==> 3	-11750	0	700	Tw6				9.0	++	Calc	0
		8750	3100	2250	0	0	0	235	8,6			0
	==> 4	-11750	0	700	Tw6				9.0	++	Calc	0
		11000	3100	750	0	0	0	235	8,6			0
	==> 5	-12300	0	400	Tw6				9.0	++	Calc	0
		8600	3100	2250	0	0	0	235	8,6			0
	==> 6	-12300	0	400	Tw6				9.0	++	Calc	0
		10850	3100	750	0	0	0	235	8,6			0
DCAB	DC alto B	11200	0	400	Tw7				9.0	++		0
		11600	3100	2250	0	0	0	235	8,6			0
	==> 1	11200	0	400	Tw7				9.0	++	Calc	0
		11600	3100	2250	0	0	0	235	8,6			0
	==> 2	11200	0	400	Tw7				9.0	++	Calc	0
		13850	3100	750	0	0	0	235	8,6			0
	==> 3	11750	0	700	Tw7				9.0	++	Calc	0
		11750	3100	2250	0	0	0	235	8,6			0
	==> 4	11750	0	700	Tw7				9.0	++	Calc	0
		14000	3100	750	0	0	0	235	8,6			0
	==> 5	12300	0	400	Tw7				9.0	++	Calc	0
		11600	3100	2250	0	0	0	235	8,6			0
	==> 6	12300	0	400	Tw7				9.0	++	Calc	0
		13850	3100	750	0	0	0	235	8,6			0
DCAE	DC alto E	-11200	0	400	Tw8				9.0	++		0
		11600	3100	2250	0	0	0	235	8,6			0
	==> 1	-11200	0	400	Tw8				9.0	++	Calc	0
		11600	3100	2250	0	0	0	235	8,6			0
	==> 2	-11200	0	400	Tw8				9.0	++	Calc	0
		13850	3100	750	0	0	0	235	8,6			0
	==> 3	-11750	0	700	Tw8				9.0	++	Calc	0
		11750	3100	2250	0	0	0	235	8,6			0
	==> 4	-11750	0	700	Tw8				9.0	++	Calc	0
		14000	3100	750	0	0	0	235	8,6			0
	==> 5	-12300	0	400	Tw8				9.0	++	Calc	0
		11600	3100	2250	0	0	0	235	8,6			0
	==> 6	-12300	0	400	Tw8				9.0	++	Calc	0
		13850	3100	750	0	0	0	235	8,6			0

ANEXO VI:

RESULTADOS DE PERFILES TRANSVERSALES

5.2.2 Web Stiffener (Frame No: 120 F/A: A+F)

Frame No. 120 **F/A A+F** **X = 75,425** **(1+av) = 1,172**

Func.Ele.	Item	LoLC Y	dyz	a	Design Criteria				as built scantlings				Assess ment	Show more Details	Error
Attributes		LoLC Z	dx	l	stat	dyn	p2	Reh	t req	W req.	As req	I req			Notes
		[mm]	[mm]	[mm]	[kN/m²]			[N/mm²]	[mm]	[cm³]	[cm²]	[cm4]			
VRB	Rf VR B 1	1376	0	688	Tw1 FL				HP 160*	9.0			++		0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 1	688	0	688	Tw1 FL				HP 160*	9.0			++	Calc	0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 2	1376	0	688	Tw1 FL				HP 160*	9.0			++	Calc	0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 3	2064	0	687	Tw1 FL				HP 160*	9.0			++	Calc	0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
VRB	Rf VR B 2	4126	0	688	Tw1 FL				HP 160*	9.0			++		0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 1	3438	0	688	Tw1 FL				HP 160*	9.0			++	Calc	0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 2	4126	0	688	Tw1 FL				HP 160*	9.0			++	Calc	0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 3	4814	0	687	Tw1 FL				HP 160*	9.0			++	Calc	0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
VRB	Rf VR B 3	6876	0	688	Tw1 FL				HP 160*	9.0			++		0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 1	6188	0	688	Tw1 FL				HP 160*	9.0			++	Calc	0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 2	6876	0	688	Tw1 FL				HP 160*	9.0			++	Calc	0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 3	7564	0	687	Tw1 FL				HP 160*	9.0			++	Calc	0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
VRB	Rf VR B 4	9626	0	688	Tw1 FL				HP 160*	9.0			++		0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 1	8938	0	688	Tw1 FL				HP 160*	9.0			++	Calc	0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 2	9626	0	688	Tw1 FL				HP 160*	9.0			++	Calc	0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 3	10314	0	687	Tw1 FL				HP 160*	9.0			++	Calc	0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
VRB	Rf VR B 5	11400	0	550	Tw1 FL				HP 160*	9.0			++		0
S		779	620	1242	0	0	0	235	8,6	0	0	0			4
	==> 1	11400	0	550	Tw1 FL				HP 160*	9.0			++	Calc	0
S		779	620	1242	0	0	0	235	8,6	0	0	0			2
	==> 2	12100	0	496	Tw1 FL				HP 160*	9.0			++	Calc	0
S		993	620	815	0	0	0	235	8,6	0	0	0			2

5.2.2 Web Stiffener (Frame No: 120 F/A: A+F)

Frame No. 120 **F/A A+F** **X = 75,425** **(1+av) = 1,172**

Func.Ele.	Item	LoLC Y	dyz	a	Design Criteria				as built scantlings				Assess ment	Show more Details	Error
Attributes		LoLC Z	dx	l	stat	dyn	p2	Reh	t req	W req.	As req	I req			Notes
		[mm]	[mm]	[mm]	[kN/m²]			[N/mm²]	[mm]	[cm³]	[cm²]	[cm4]			
VRE	Rf VR E 5	-11400	0	550	Tw2 FL				HP 160*	9.0			++		0
S		779	620	1242	0	0	0	235	8,6	0	0	0			4
	==> 1	-11400	0	550	Tw2 FL				HP 160*	9.0			++	Calc	0
S		779	620	1242	0	0	0	235	8,6	0	0	0			2
	==> 2	-12100	0	496	Tw2 FL				HP 160*	9.0			++	Calc	0
S		993	620	815	0	0	0	235	8,6	0	0	0			2
VRE	Rf VR E 4	-9626	0	688	Tw2 FL				HP 160*	9.0			++		0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 1	-8938	0	688	Tw2 FL				HP 160*	9.0			++	Calc	0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 2	-9626	0	688	Tw2 FL				HP 160*	9.0			++	Calc	0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 3	-10314	0	687	Tw2 FL				HP 160*	9.0			++	Calc	0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
VRE	Rf VR E 3	-6876	0	688	Tw2 FL				HP 160*	9.0			++		0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 1	-6188	0	688	Tw2 FL				HP 160*	9.0			++	Calc	0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 2	-6876	0	688	Tw2 FL				HP 160*	9.0			++	Calc	0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 3	-7564	0	687	Tw2 FL				HP 160*	9.0			++	Calc	0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
VRE	Rf VR E 2	-4126	0	688	Tw2 FL				HP 160*	9.0			++		0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 1	-3438	0	688	Tw2 FL				HP 160*	9.0			++	Calc	0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 2	-4126	0	688	Tw2 FL				HP 160*	9.0			++	Calc	0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 3	-4814	0	687	Tw2 FL				HP 160*	9.0			++	Calc	0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
VRE	Rf VR E 1	-1376	0	688	Tw2 FL				HP 160*	9.0			++		0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 1	-688	0	688	Tw2 FL				HP 160*	9.0			++	Calc	0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 2	-1376	0	688	Tw2 FL				HP 160*	9.0			++	Calc	0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 3	-2064	0	687	Tw2 FL				HP 160*	9.0			++	Calc	0
		750	620	1020	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0

5.2.2 Web Stiffener (Frame No: 120 F/A: A+F)

Frame No. 120 **F/A A+F** **X = 75,425** **(1+av) = 1,172**

Func.Ele.	Item	LoLC Y	dyz	a	Design Criteria				as built scantlings				Assess ment	Show more Details	Error
Attributes		LoLC Z	dx	l	stat	dyn	p2	Reh	t req	W req.	As req	I req			Notes
		[mm]	[mm]	[mm]	[kN/m²]			[N/mm²]	[mm]	[cm³]	[cm²]	[cm4]			
DCBB1	Rf DCBB1	12100	0	550	Tw3				HP 140*	9.0			++		0
		3015	3100	2890	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
	==> 1	11400	0	550	Tw3				HP 140*	9.0			++	Calc	0
		3015	3100	2890	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
	==> 2	12100	0	550	Tw3				HP 140*	9.0			++	Calc	0
		3015	3100	2890	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
DCBE1	Rf DCBE1	-12100	0	550	Tw4				HP 140*	9.0			++		0
		3015	3100	2890	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
	==> 1	-11400	0	550	Tw4				HP 140*	9.0			++	Calc	0
		3015	3100	2890	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
	==> 2	-12100	0	550	Tw4				HP 140*	9.0			++	Calc	0
		3015	3100	2890	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
DCBB2	Rf DCBB2	12100	0	550	Tw3				HP 140*	9.0			++		0
		6465	3100	3690	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
	==> 1	11400	0	550	Tw3				HP 140*	9.0			++	Calc	0
		6465	3100	3690	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
	==> 2	12100	0	550	Tw3				HP 140*	9.0			++	Calc	0
		6465	3100	3690	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
DCBB2	Rfh DCBB21	11750	0	1935	Tw3				HP 140*	9.0			++		0
		7590	3100	1282	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
	==> 1	11750	0	1935	Tw3				HP 140*	9.0			++	Calc	0
		7590	3100	1282	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
DCBB2	Rfh DCBB22	11750	0	1935	Tw3				HP 140*	9.0			++		0
		7590	3100	1502	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
	==> 1	11750	0	1935	Tw3				HP 140*	9.0			++	Calc	0
		7590	3100	1502	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
DCBB2	Rfh DCBB23	11750	0	1935	Tw3				HP 140*	9.0			++		0
		7590	3100	1262	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
	==> 1	11750	0	1935	Tw3				HP 140*	9.0			++	Calc	0
		7590	3100	1262	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
DCBE2	Rfh DCBE23	-11750	0	1935	Tw4				HP 140*	9.0			++		0
		7590	3100	1262	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
	==> 1	-11750	0	1935	Tw4				HP 140*	9.0			++	Calc	0
		7590	3100	1262	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
DCBE2	Rfh DCBE22	-11750	0	1935	Tw4				HP 140*	9.0			++		0
		7590	3100	1502	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
	==> 1	-11750	0	1935	Tw4				HP 140*	9.0			++	Calc	0
		7590	3100	1502	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0

5.2.2 Web Stiffener (Frame No: 120 F/A: A+F)

Frame No. 120 **F/A A+F** **X = 75,425** **(1+av) = 1,172**

Func.Ele.	Item	LoLC Y	dyz	a	Design Criteria				as built scantlings				Assess ment	Show more Details	Error
Attributes		LoLC Z	dx	l	stat	dyn	p2	Reh	t req	W req.	As req	I req			Notes
		[mm]	[mm]	[mm]	[kN/m²]			[N/mm²]	[mm]	[cm³]	[cm²]	[cm4]			
DCBE2	Rfh DCBE21	-11750	0	1935	Tw4				HP 140* 9.0				++		0
		7590	3100	1282	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
	==> 1	-11750	0	1935	Tw4				HP 140* 9.0				++	Calc	0
		7590	3100	1282	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
DCBE2	Rf DCBE2	-12100	0	550	Tw4				HP 140* 9.0				++		0
		6465	3100	3870	0	0	0	235	8,6	2	0	0			0
	==> 1	-11400	0	550	Tw4				HP 140* 9.0				++	Calc	0
		6465	3100	3870	0	0	0	235	8,6	2	0	0			0
	==> 2	-12100	0	550	Tw4				HP 140* 9.0				++	Calc	0
		6465	3100	3870	0	0	0	235	8,6	2	0	0			0
DCMB	Rfh DCMB3	11750	0	1500	Tw5				HP 140* 9.0				++		0
		10650	3100	1262	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 1	11750	0	1500	Tw5				HP 140* 9.0				++	Calc	0
		10650	3100	1262	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
DCMB	Rfh DCMB2	11750	0	1500	Tw5				HP 140* 9.0				++		0
		10650	3100	1502	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
	==> 1	11750	0	1500	Tw5				HP 140* 9.0				++	Calc	0
		10650	3100	1502	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
DCMB	Rfh DCMB1	11750	0	1500	Tw5				HP 140* 9.0				++		0
		10650	3100	1282	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 1	11750	0	1500	Tw5				HP 140* 9.0				++	Calc	0
		10650	3100	1282	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
DCMB	Rf DCMB	12100	0	550	Tw5				HP 140* 9.0				++		0
		9900	3100	2820	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
	==> 1	11400	0	550	Tw5				HP 140* 9.0				++	Calc	0
		9900	3100	2820	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
	==> 2	12100	0	550	Tw5				HP 140* 9.0				++	Calc	0
		9900	3100	2820	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
DCME	Rfh DCME2	-11750	0	1500	Tw6				HP 140* 9.0				++		0
		10650	3100	1502	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
	==> 1	-11750	0	1500	Tw6				HP 140* 9.0				++	Calc	0
		10650	3100	1502	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
DCME	Rfh DCME1	-11750	0	1500	Tw6				HP 140* 9.0				++		0
		10650	3100	1282	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 1	-11750	0	1500	Tw6				HP 140* 9.0				++	Calc	0
		10650	3100	1282	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
DCME	Rf DCME	-12100	0	550	Tw6				HP 140* 9.0				++		0
		9900	3100	2640	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0

5.2.2 Web Stiffener (Frame No: 120 F/A: A+F)

Frame No. 120 **F/A A+F** **X = 75,425** **(1+av) = 1,172**

Func.Ele.	Item	LoLC Y	dyz	a	Design Criteria				as built scantlings				Assess ment	Show more Details	Error
Attributes		LoLC Z	dx	l	stat	dyn	p2	Reh	t req	W req.	As req	I req			Notes
		[mm]	[mm]	[mm]	[kN/m²]			[N/mm²]	[mm]	[cm³]	[cm²]	[cm4]			
	==> 1	-11400	0	550	Tw6				HP 140* 9.0				++	Calc	0
		9900	3100	2640	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
	==> 2	-12100	0	550	Tw6				HP 140* 9.0				++	Calc	0
		9900	3100	2640	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
DCME	Rfh DCME3	-11750	0	1500	Tw6				HP 140* 9.0				++		0
		10650	3100	1262	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 1	-11750	0	1500	Tw6				HP 140* 9.0				++	Calc	0
		10650	3100	1262	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
DCAB	Rfh DCAB3	11750	0	1500	Tw7				HP 140* 9.0				++		0
		13650	3100	1282	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 1	11750	0	1500	Tw7				HP 140* 9.0				++	Calc	0
		13650	3100	1282	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
DCAB	Rfh DCAB2	11750	0	1500	Tw7				HP 140* 9.0				++		0
		13650	3100	1502	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
	==> 1	11750	0	1500	Tw7				HP 140* 9.0				++	Calc	0
		13650	3100	1502	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
DCAB	Rfh DCAB1	11750	0	1500	Tw7				HP 140* 9.0				++		0
		13650	3100	1282	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 1	11750	0	1500	Tw7				HP 140* 9.0				++	Calc	0
		13650	3100	1282	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
DCAB	Rf DCAB	12100	0	550	Tw7				HP 140* 9.0				++		0
		12900	3100	2820	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
	==> 1	11400	0	550	Tw7				HP 140* 9.0				++	Calc	0
		12900	3100	2820	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
	==> 2	12100	0	550	Tw7				HP 140* 9.0				++	Calc	0
		12900	3100	2820	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
DCAE	Rfh DCAE3	-11750	0	1500	Tw8				HP 140* 9.0				++		0
		13650	3100	1282	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 1	-11750	0	1500	Tw8				HP 140* 9.0				++	Calc	0
		13650	3100	1282	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
DCAE	Rfh DCAE2	-11750	0	1500	Tw8				HP 140* 9.0				++		0
		13650	3100	1502	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
	==> 1	-11750	0	1500	Tw8				HP 140* 9.0				++	Calc	0
		13650	3100	1502	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
DCAE	Rfh DCAE1	-11750	0	1500	Tw8				HP 140* 9.0				++		0
		13650	3100	1282	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0
	==> 1	-11750	0	1500	Tw8				HP 140* 9.0				++	Calc	0
		13650	3100	1282	0	0	0	235	8,6	0	0	0			0

5.2.2 Web Stiffener (Frame No: 120 F/A: A+F)

Frame No. 120 **F/A A+F** **X = 75,425** **(1+av) = 1,172**

Func.Ele.	Item	LoLC Y	dyz	a	Design Criteria				as built scantlings				Assess ment	Show more Details	Error
Attributes		LoLC Z	dx	l	stat	dyn	p2	Reh	t req	W req.	As req	I req			Notes
		[mm]	[mm]	[mm]	[kN/m²]			[N/mm²]	[mm]	[cm³]	[cm²]	[cm4]			
DCAE	Rf DCAE	-12100	0	550	Tw8				HP 140* 9.0				++		0
		12900	3100	2820	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
	==> 1	-11400	0	550	Tw8				HP 140* 9.0				++	Calc	0
		12900	3100	2820	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0
	==> 2	-12100	0	550	Tw8				HP 140* 9.0				++	Calc	0
		12900	3100	2820	0	0	0	235	8,6	1	0	0			0

ANEXO VII:

RESULTADOS DE CAPACIDAD DE LA SECCIÓN MAESTRA

```
------------------------ Poseidon ND Info File --------------------------------
```

Start of calculating scantlings according to GL Rules

```
Frame No.              : 124
Section No. in GLFRAME :        4
```

Longitudinal Plates

```
CRB;T1CRB
     For tanks: spacing of stiff. for rule plate thickness = (m) 0.620
     For tanks: spacing of stiff. for rule section modulus = (m) 1.240

Material Factor k above z calculated from plate
   BRI;Brazolainterio

Material Factor k below z calculated from plate
   QV;Quilla
```

Summary of Section at Frame No. 124

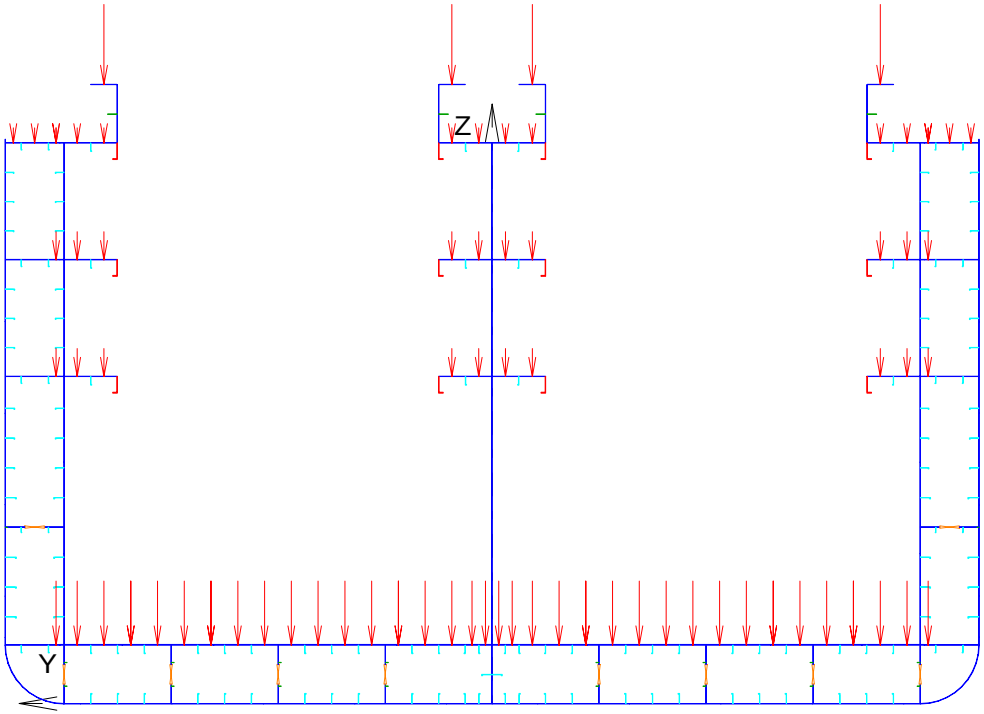
```
Permissible Stillwater Values (seag. cond.)max                    min
Bending Moment                      730000 kN*m (100%)   -214000 kN*m (100%)
Shear Forces                         24600 kN   (208%)    -24600 kN   (100%)

                                     existing              required    fR=   deltaSigRmin=
Section moduli WD or WD' =          6.297 m**3            5.748 m**3  1.096      67.4 N/mm²
                       WB  =       11.051 m**3            7.983 m**3  1.384      38.4 N/mm²
Moments of Inertia  IYY  =         63.106 m**4           37.076 m**4
                 fR max  =          1.119  (BRE;Brazolaexterio)

Weight of section:     G =          20.211 t/m (Longitudinal Members)
Weight of section:     G =           0.491 t/m (Transverse   Members)
 |-----------------------------------------------------------------------------|
 |                  C A P A C I T Y  O F  S E C T I O N       4                 |
 |-----------------------------------------------------------------------------|
 |                        Capacity check bending     (US=1.5*(MSW+MWV/Cs)/Mpl) |
 |    hogging                              sagging                             |
 |        MSW              730000.0            MSW             -214000.0       |
 |        MWV              667033.2            MWV             -832139.5       |
 |        Mpl             3119474.1            Mpl            -2251627.5       |
 |        US                  0.672            US                  0.697       |
 |-----------------------------------------------------------------------------|
 |            Capacity check bending flooded (US=1.35*(MSWf+MWVf)/(KapadM*Mpl)) |
 |    hogging                              sagging                             |
 |        MSWf                 0.0            MSWf                 0.0        |
 |        MWVf             667033.2            MWVf            -801421.4       |
 |        Mpl             3119474.1            Mpl            -2251627.5       |
 | perm.KapadM                0.289       perm.KapadM              0.481       |
 |-----------------------------------------------------------------------------|
 |                        Capacity check shear       (US=1.5*(QSW+QWV/Cs)/Qpl) |
 |    positiv                              negativ                             |
 |        QSW               11800.0            QSW              -24600.0       |
 |        QWV                9882.9            QWV               -9882.9       |
 |        Qpl              153350.8            Qpl             -130524.5       |
 |        US                  0.212            US                  0.396       |
 |-----------------------------------------------------------------------------|
 |           Capacity check shear flooded (US=1.35*(QSWf+QWVf/Cs)/(KapadQ*Qpl)) |
 |    positiv                              negativ                             |
 |        QSWf                 0.0            QSWf                 0.0        |
 |        QWVf               9882.9            QWVf               -9882.9       |
 |        Qpl              153350.8            Qpl             -130524.5       |
 | perm.KapadQ                0.087       perm.KapadQ              0.102       |
 |-----------------------------------------------------------------------------|
```

ANEXO VIII:

DISTRIBUCIÓN DE CARGAS ESTÁTICAS



0 150 kN/m**2

GERMANISCHER LLOYD
POSEIDON ND 8.0

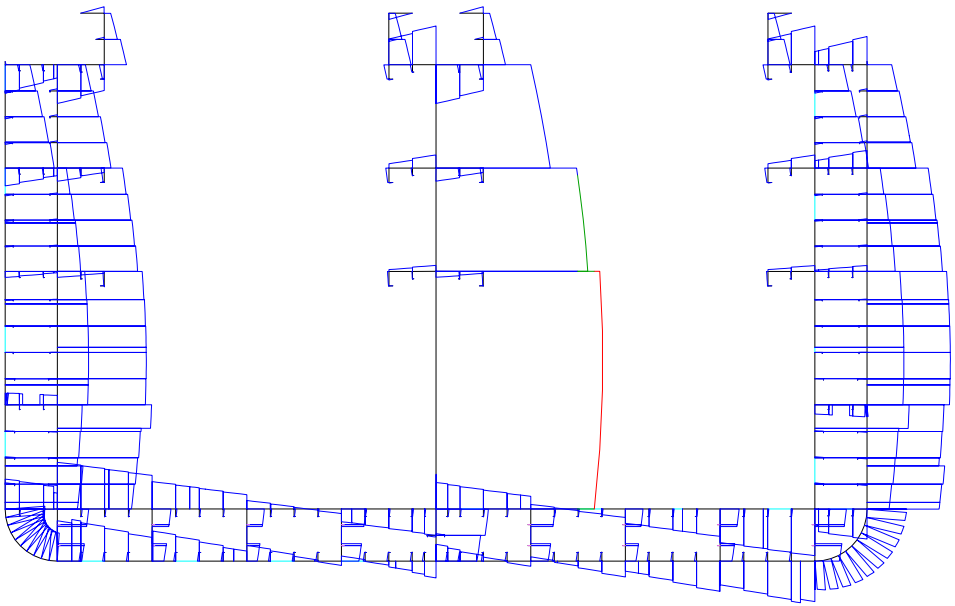
Proyecto fin de carrera
J E Terciado & A. Villalba

Frame No: 124 (A+F)
Cargo vertical

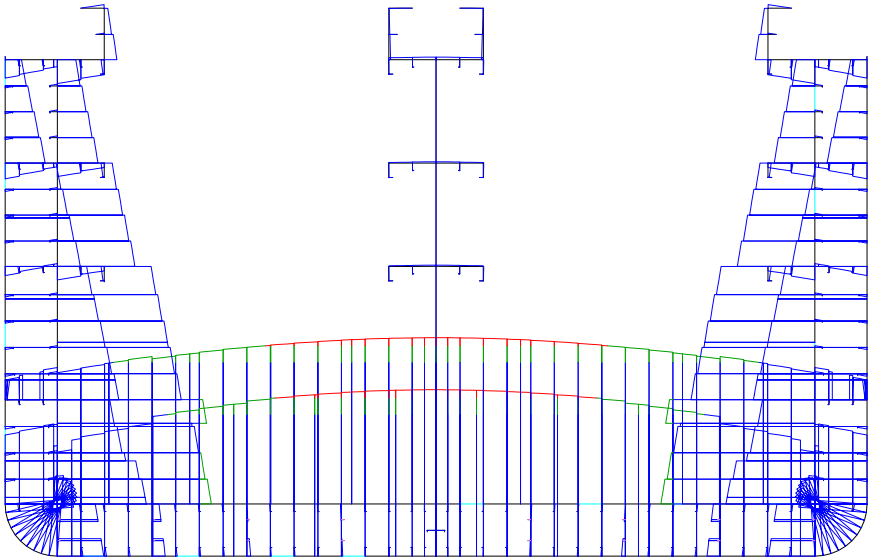
File: C:\Documents and Settings\Antonio Villalba\Escritorio\PROYECTO\Cuadernillos\Cuadernillo 5. Cuaderna maestra\GL_ND\Cuaderna Maestra.pox Date: 25.01.09 Time: 01:43:58

ANEXO IX:

RESULTADOS DE ESFUERZOS TORSIONALES



max TAU: 0.27371E-02 N/mm**2 per kN shear force in z-dir at z= 4958 mm

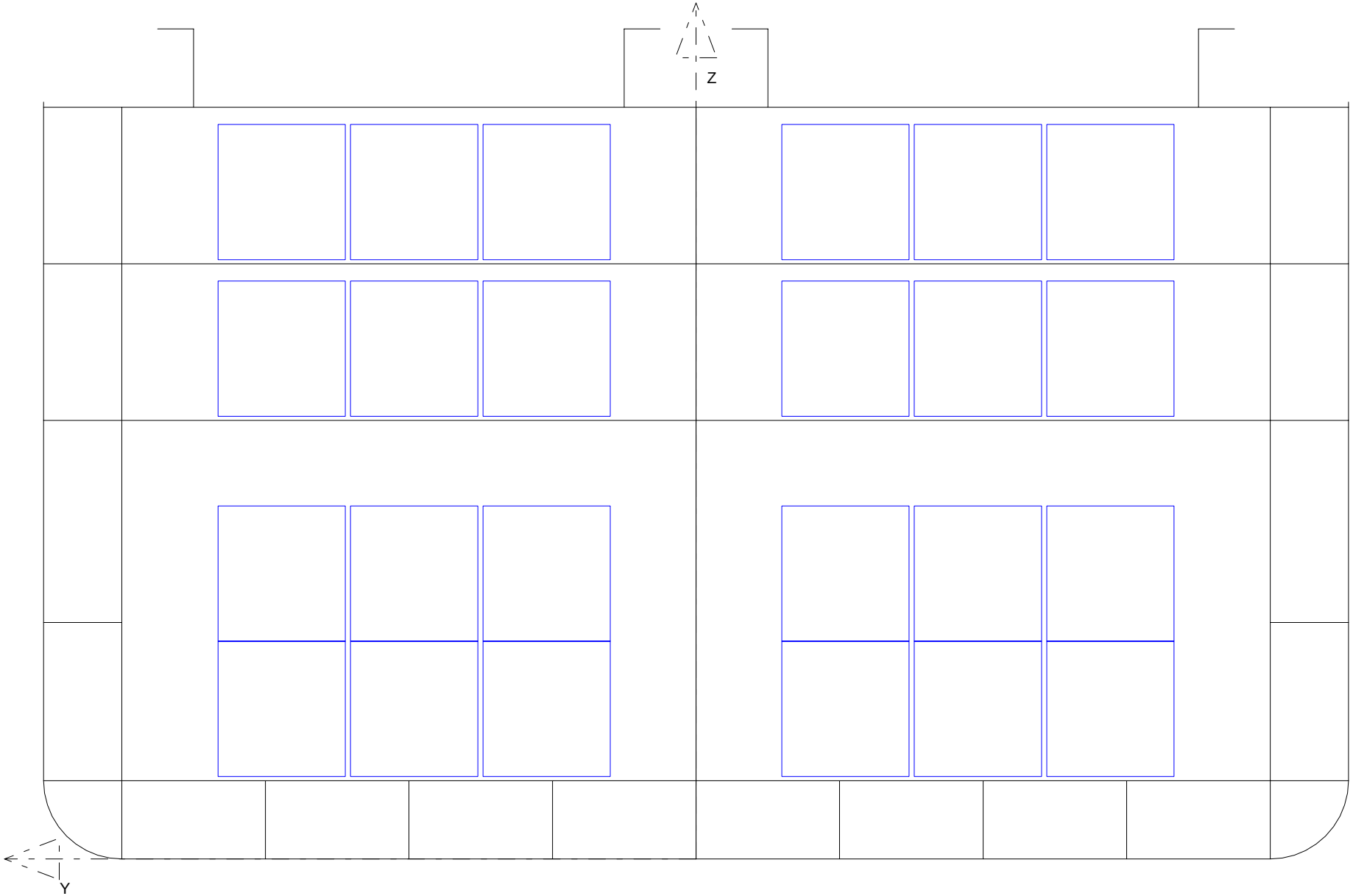


max TAU: 0.16395E-02 N/mm^2 per kN shear force in y-dir at y= 5 mm

ANEXO X:

DISTRIBUCIÓN DE CONTENEDORES EN BODEGAS

Frame No.: 112 +358 (A+F)



ANEXO XI:

CONDICIONES DE CONTORNO EN MODELO EF

7.3 Boundary Conditon

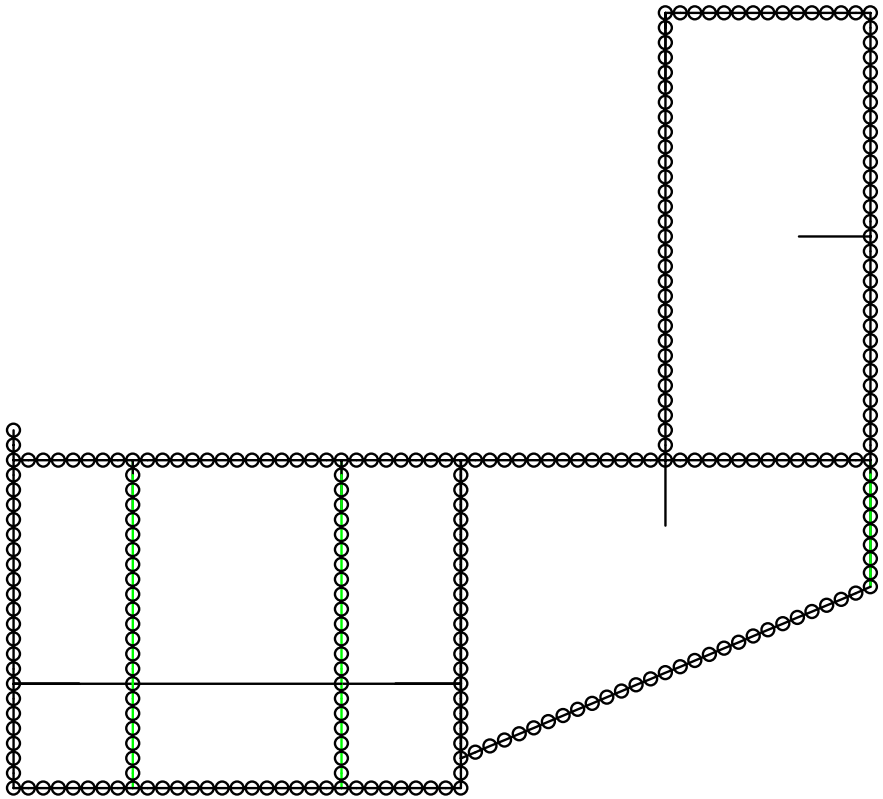
Model No 3 Item Brazolas

Kind of Section	Location of Section					Support Condition						Boundary Value
	X-Start	X-End	Y-Z Start	Y-Z End	Sym	X	Y	Z	XX	YY	ZZ	
y-z-plane	98					9	1	1	1	1	1	1,00000e+008
y-z-plane	107					9	1	1	1	1	1	1,00000e+008
x-y-plane			13300,000 m			9	9	9	9	9	9	1,00000e+008

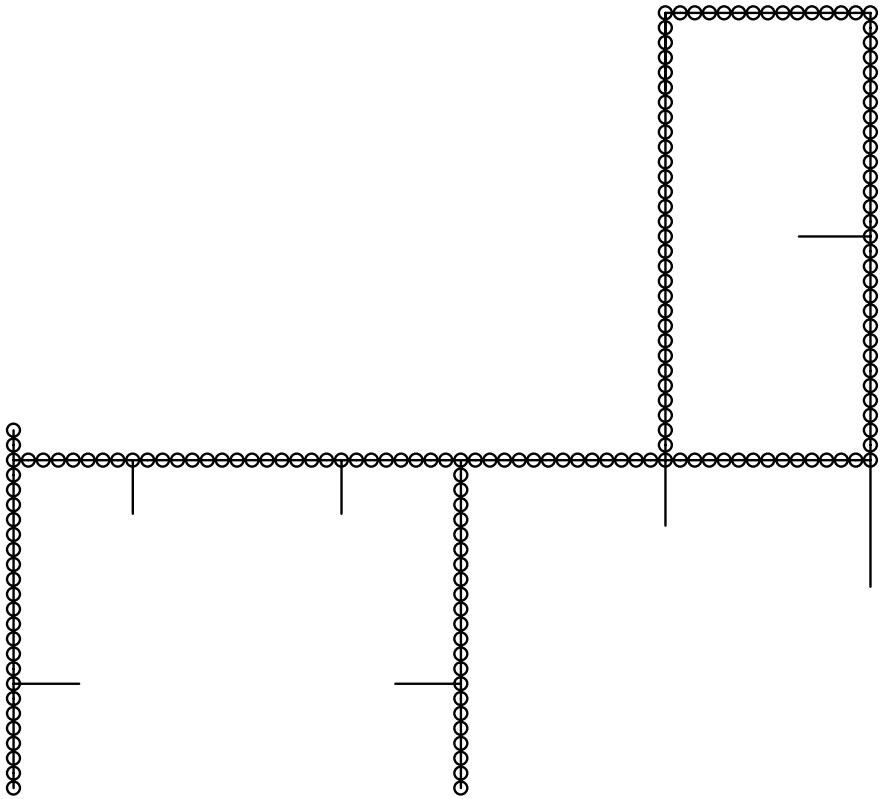
ANEXO XII:

DISTRIBUCIÓN DE NODOS EN MODELO EF

Frame No.: 100 (A+F) Model No.: 3

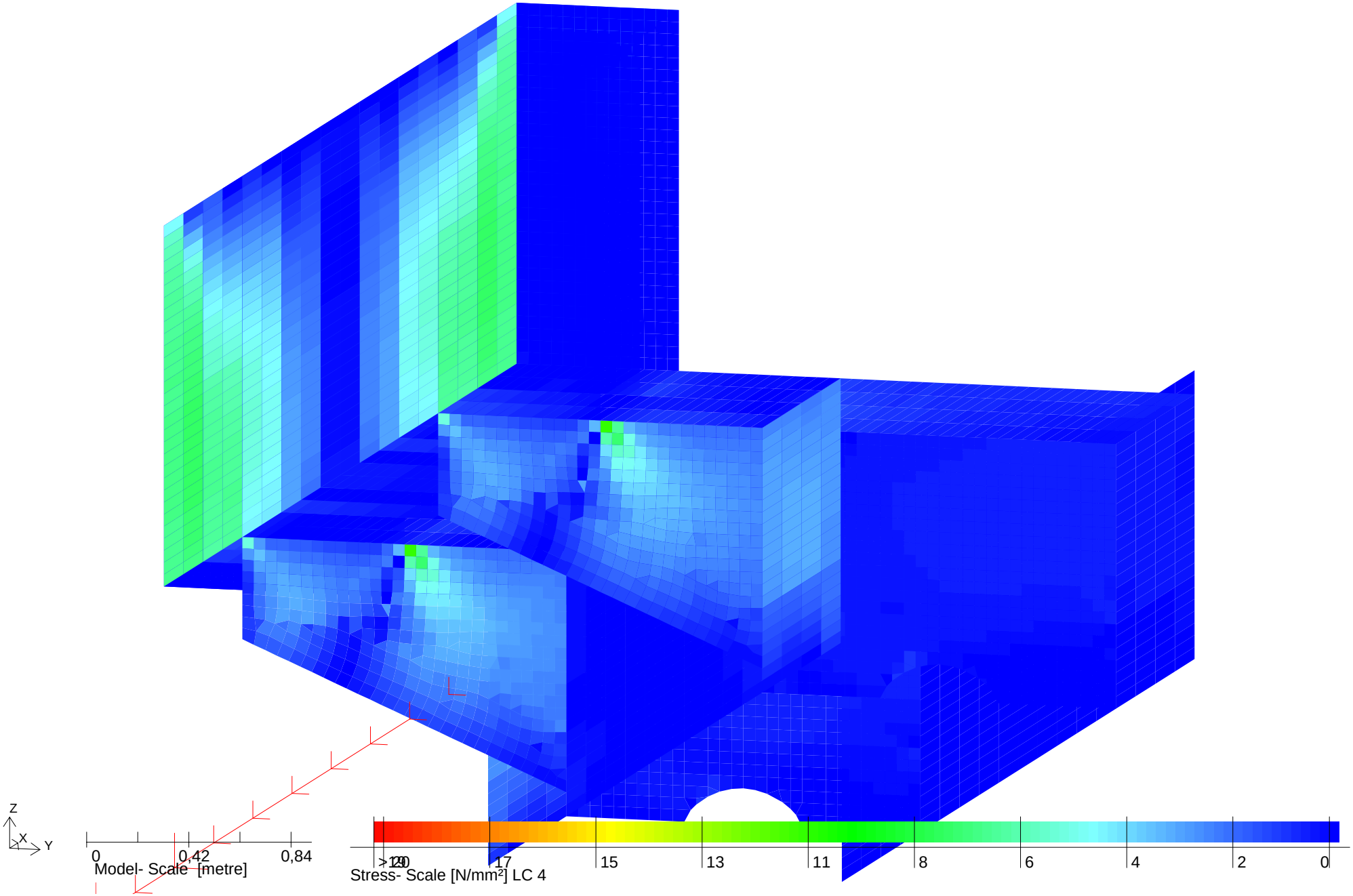


Frame No.: 98 (A+F) Model No.: 3



ANEXO XIII:

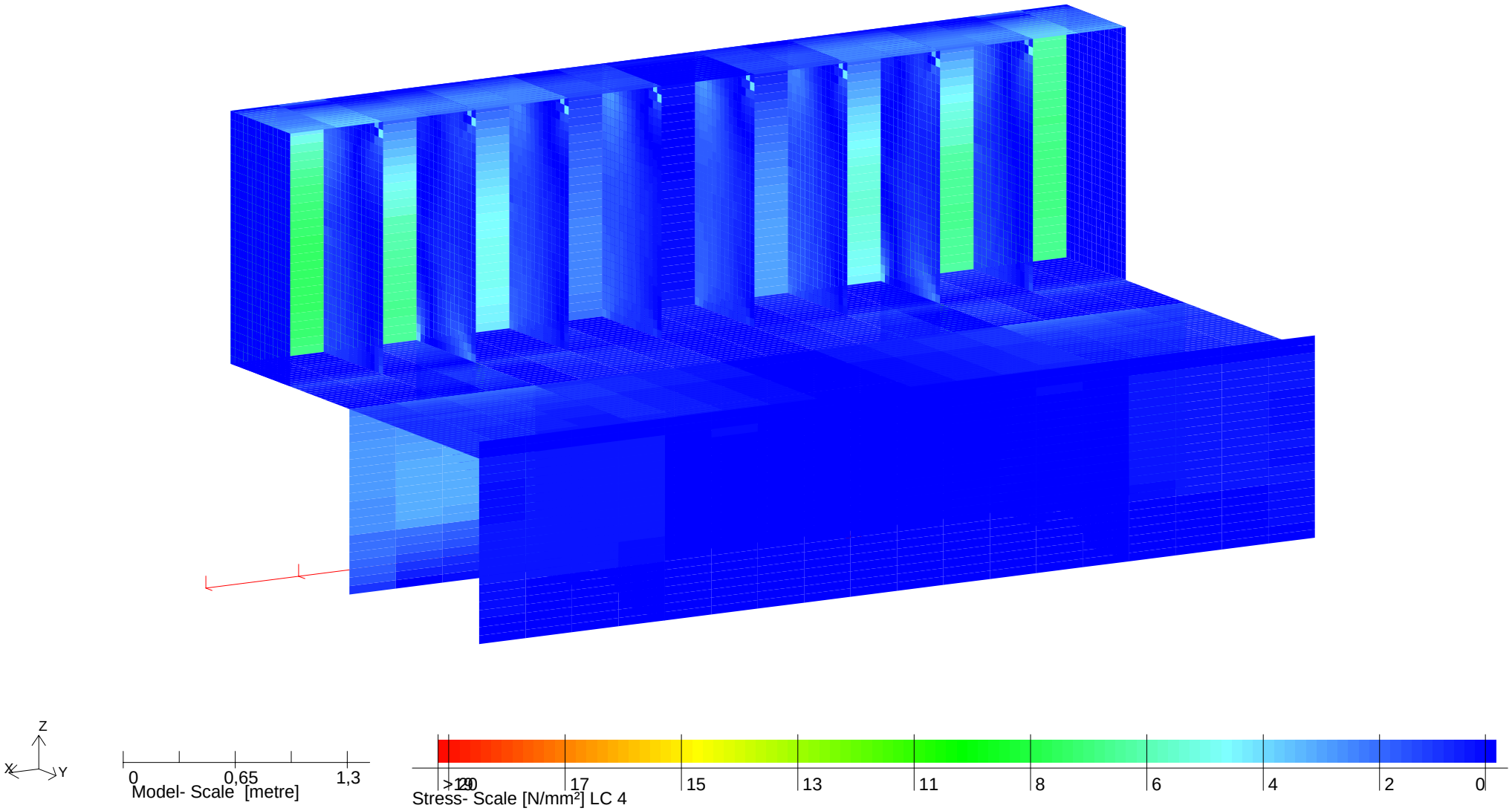
RESULTADOS DE ESFUERZOS CORTANTES EN MODELO EF



GERMANISCHER LLOYD
POSEIDONND 8.0

Proyecto fin de carrera, BRE, CP, DCA, DCAB, FORRO, P_BRE, P_CP, TBRE, B_BRE, B_CP
J E Terciado & A. Villalba Shear (LC: 4)

File : C:\Documents and Settings\Antonio Villalba\Escritorio\PROYECTO\Cuadernillos\Cuadernillo 5. Cuaderna maestra\GL ND\Cuaderna Maestra.pox Date: 25.01.2009, Time: 19:25:29



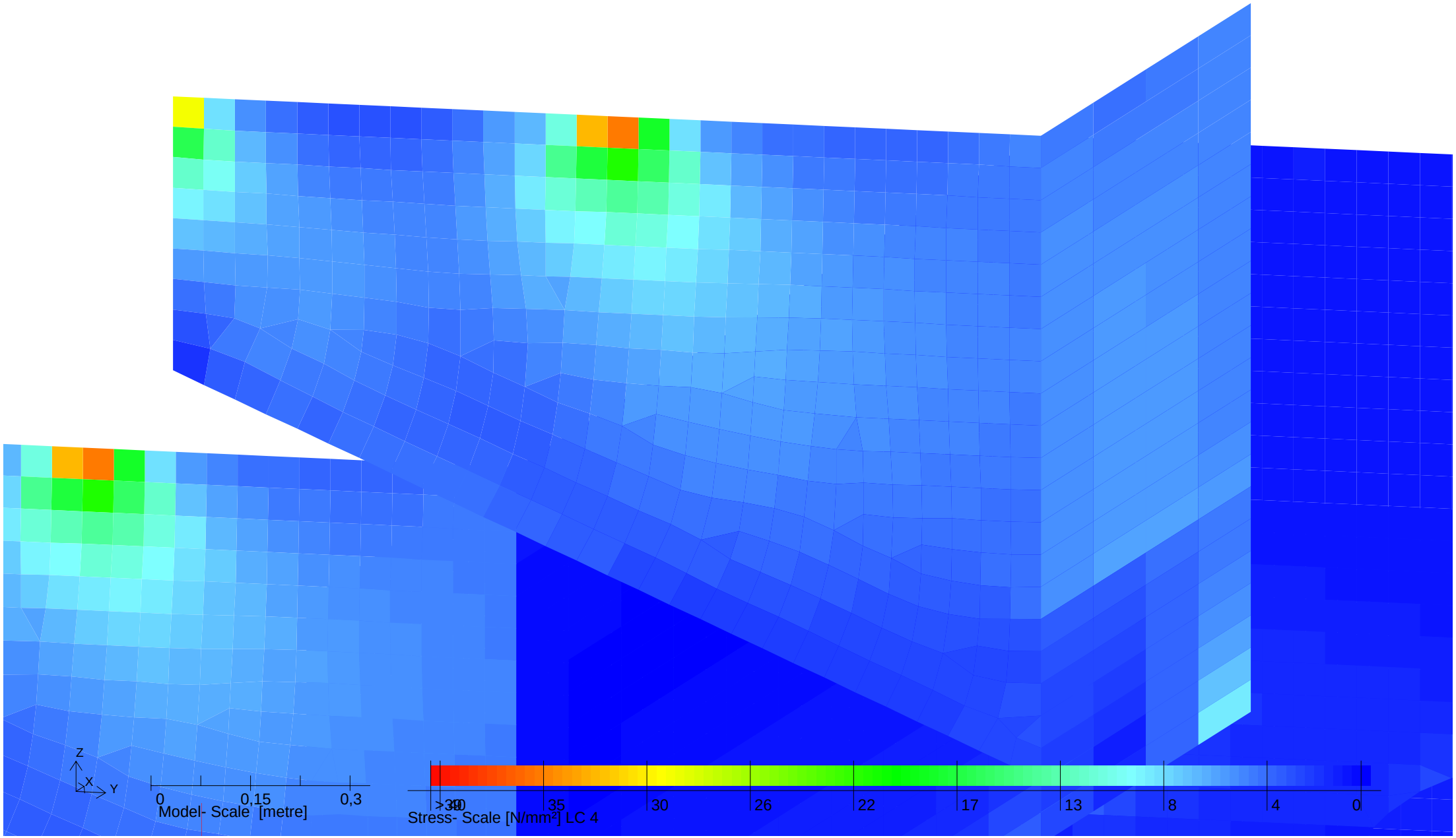
GERMANISCHER LLOYD
POSEIDONND 8.0

Proyecto fin de carrera, BRE, CP, DCA, DCAB, FORRO, P_BRE, P_CP, TBRE, B_BRE, B_CP
J E Terciado & A. Villalba Shear (LC: 4)

File : C:\Documents and Settings\Antonio Villalba\Escritorio\PROYECTO\Cuadernillos\Cuadernillo 5. Cuaderna maestra\GL ND\Cuaderna Maestra.pox Date: 25.01.2009, Time: 19:26:17

ANEXO XIV:

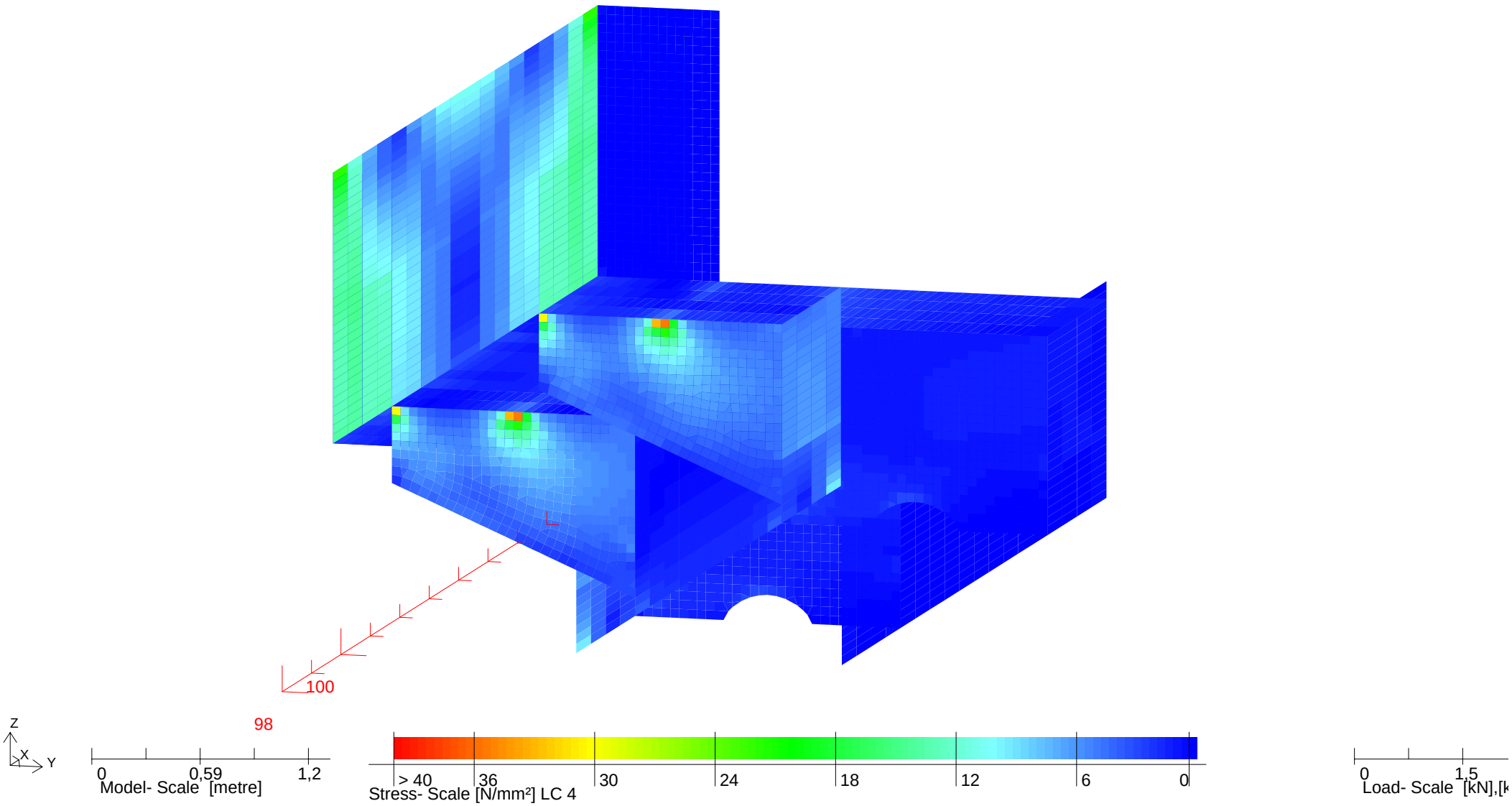
RESULTADOS DE ESFUERZOS DE VON MISES EN MODELO EF



GERMANISCHER LLOYD
POSEIDONND 8.0

Proyecto fin de carrera, DCA, DCAB, P_CP, B_BRE, B_CP, B_DCA, B_DCAB, B_FORRO, ,
J E Terciado & A. Villalba von Mises (LC: 4)

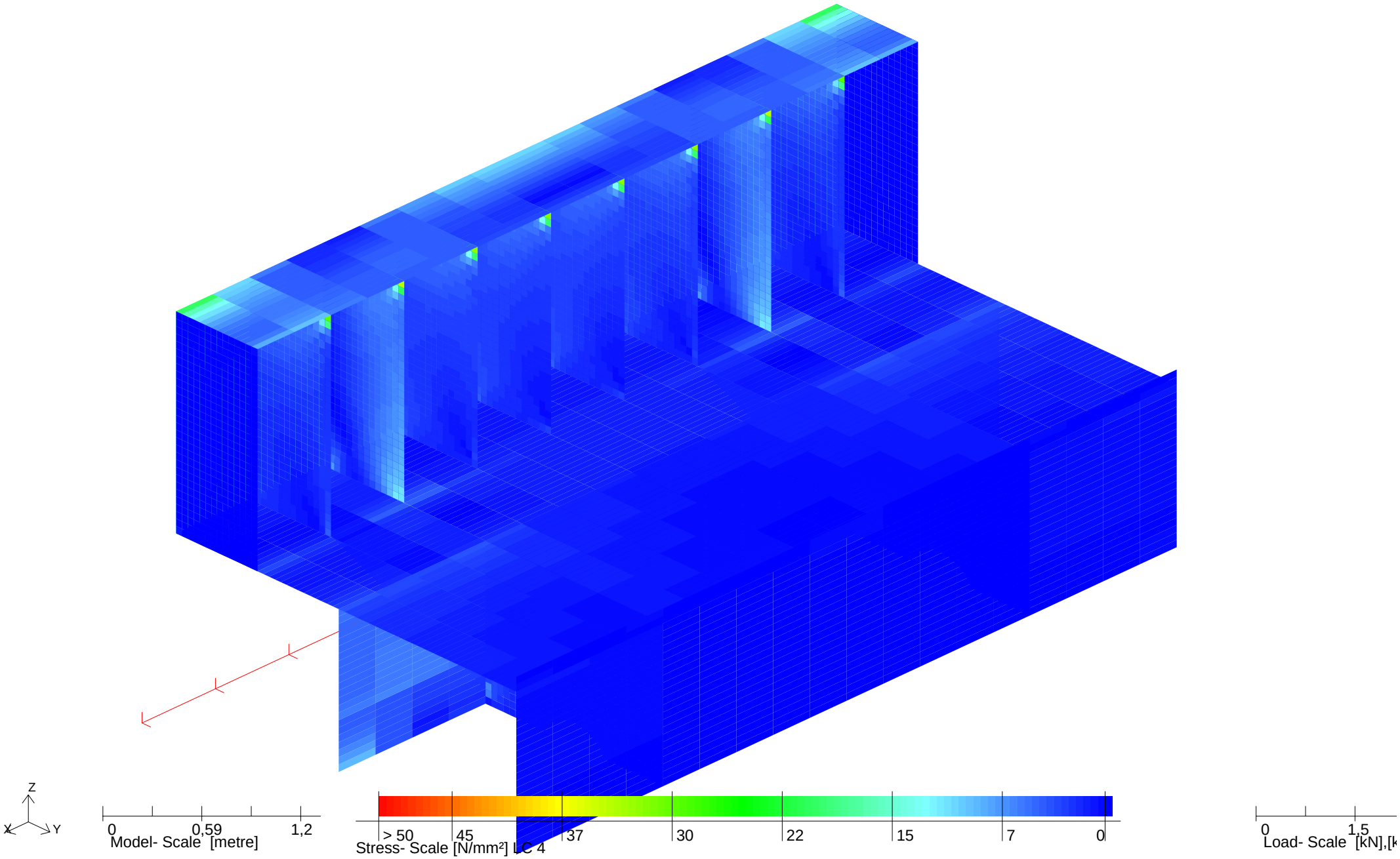
File : C:\Documents and Settings\Antonio Villalba\Escritorio\PROYECTO\Cuadernillos\Cuadernillo 5. Cuaderna maestra\GL ND\Cuaderna Maestra.pox Date: 25.01.2009, Time: 19:23:35



GERMANISCHER LLOYD
POSEIDONND 8.0

Proyecto fin de carrera, BRE, CP, DCA, DCAB, FORRO, P_BRE, P_CP, TBRE, B_BRE, B_CP
J E Terciado & A. Villalba von Mises (LC: 4)

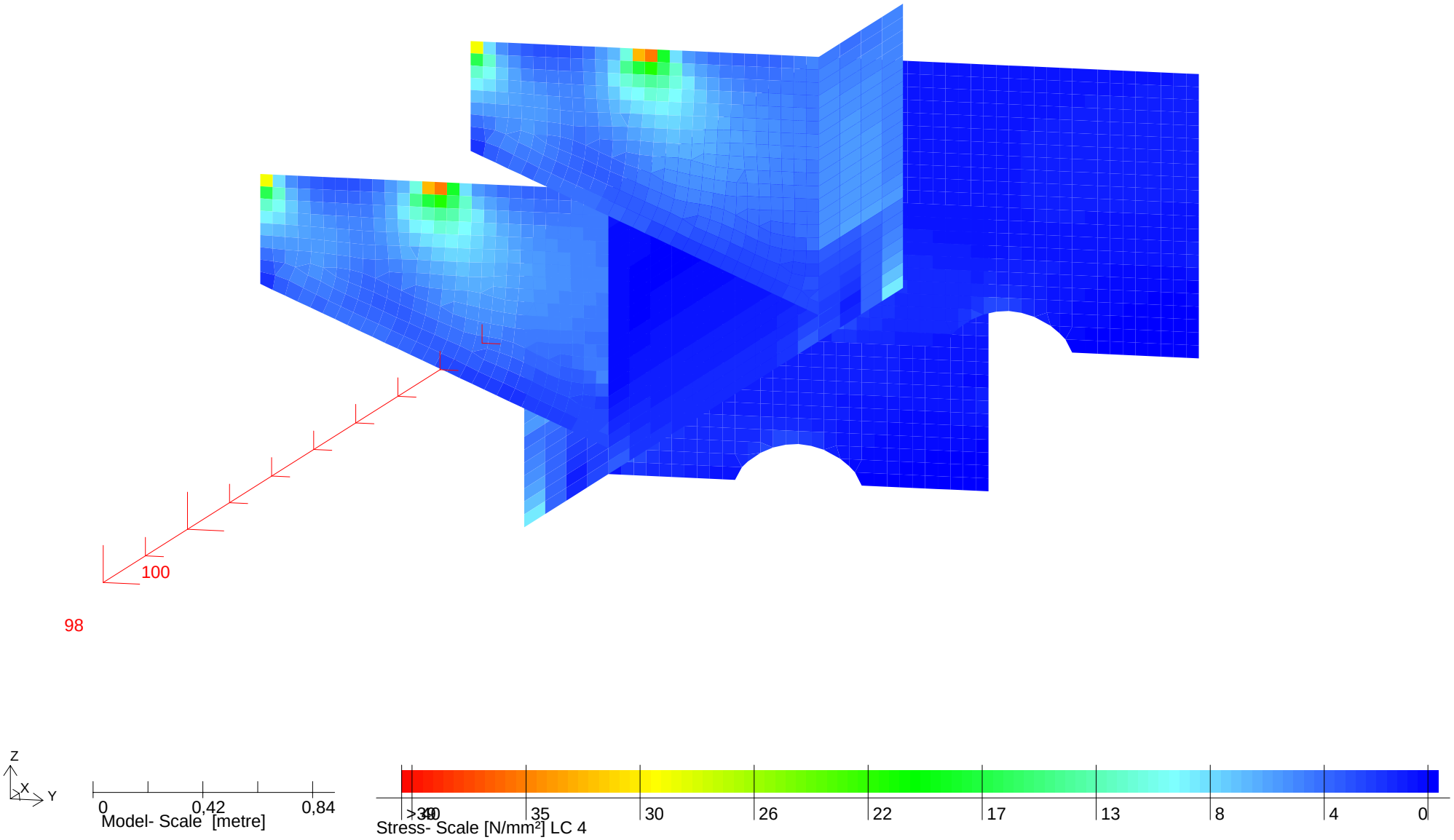
File : C:\Documents and Settings\Antonio Villalba\Escritorio\PROYECTO\Cuadernillos\Cuadernillo 5. Cuaderna maestra\GL ND\Cuaderna Maestra.pox Date: 25.01.2009, Time: 19:20:11



GERMANISCHER LLOYD
POSEIDONND 8.0

Proyecto fin de carrera, BRE, CP, DCA, DCAB, FORRO, P_BRE, P_CP, TBRE, B_BRE, B_CP
J E Terciado & A. Villalba von Mises (LC: 4)

File : C:\Documents and Settings\Antonio Villalba\Escritorio\PROYECTO\Cuadernillos\Cuadernillo 5. Cuaderna maestra\GL ND\Cuaderna Maestra.pox Date: 25.01.2009, Time: 19:19:10



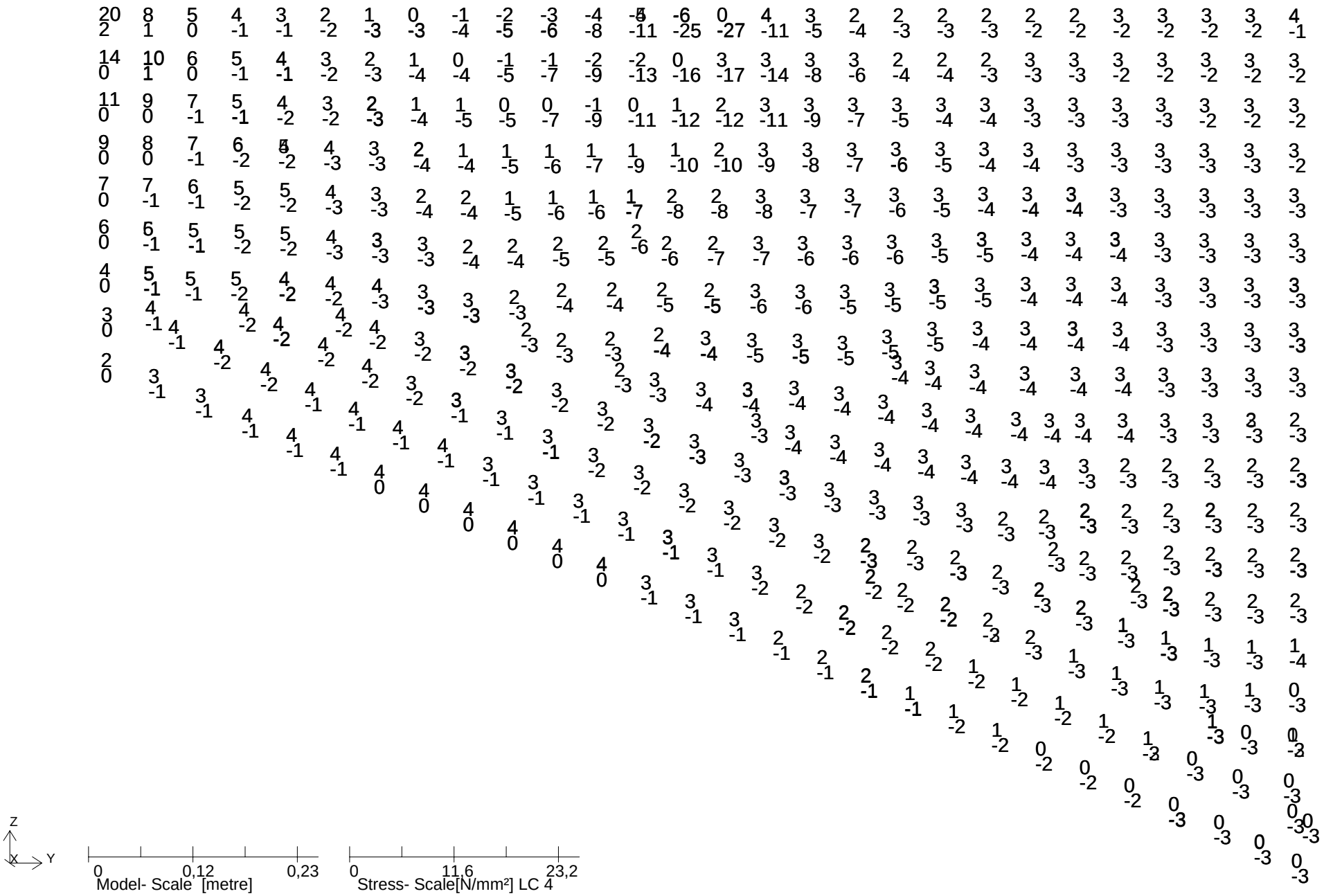
GERMANISCHER LLOYD
POSEIDONND 8.0

Proyecto fin de carrera, DCA, DCAB, P_CP, B_BRE, B_CP, B_DCA, B_DCAB, B_FORRO, ,
J E Terciado & A. Villalba von Mises (LC: 4)

File : C:\Documents and Settings\Antonio Villalba\Escritorio\PROYECTO\Cuadernillos\Cuadernillo 5. Cuaderna maestra\GL ND\Cuaderna Maestra.pox Date: 25.01.2009, Time: 19:24:14

ANEXO XV:

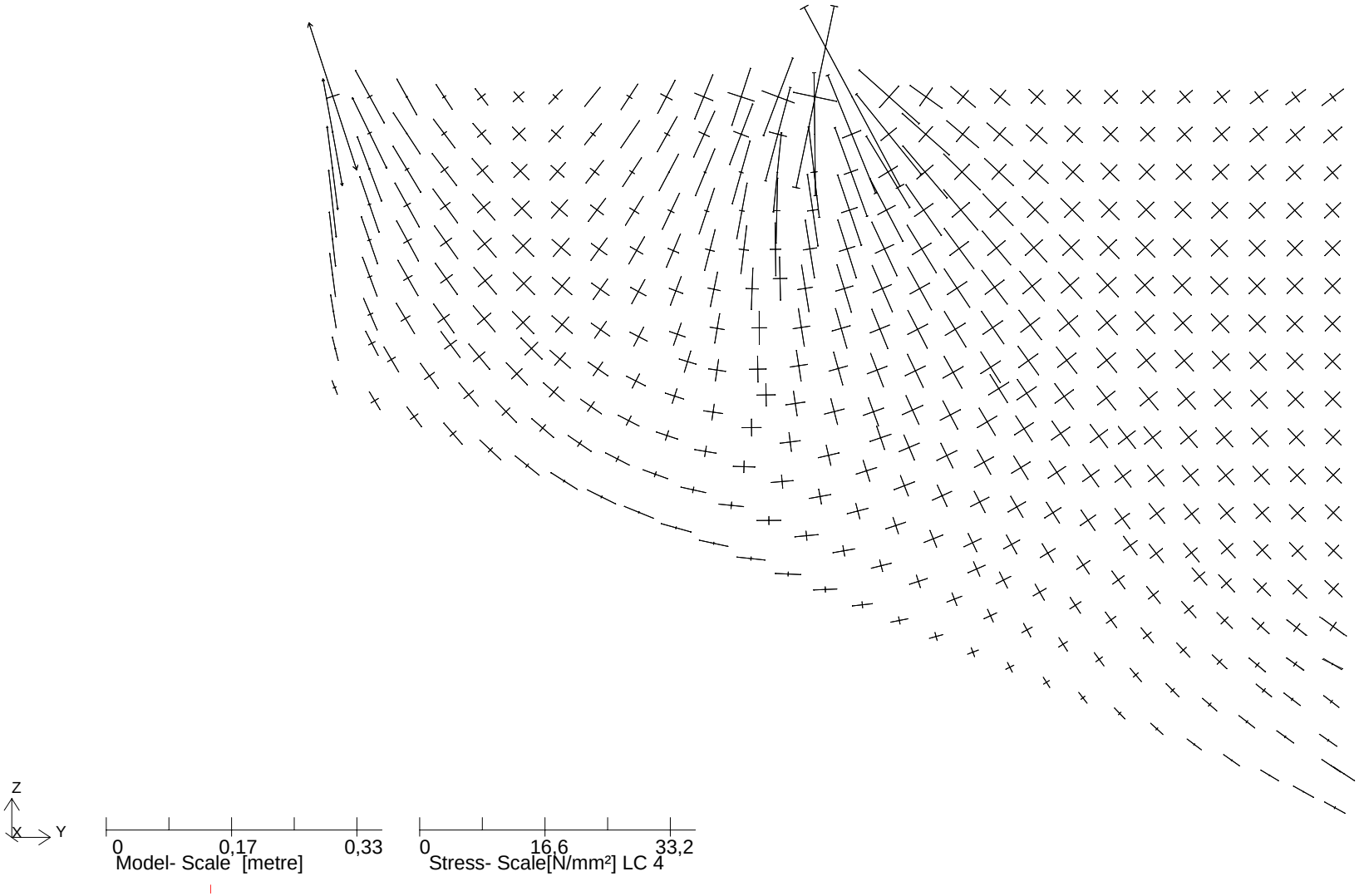
RESULTADOS DE ESFUERZOS MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE CONSOLAS EN MODELO EF



GERMANISCHER LLOYD
POSEIDONND 8.0

Proyecto fin de carrera, P_CP,
J E Terciado & A. Villalba SMin,SMax (LC: 4)

File : C:\Documents and Settings\Antonio Villalba\Escritorio\PROYECTO\Cuadernillos\Cuadernillo 5. Cuaderna maestra\GL ND\Cuaderna Maestra.pox Date: 25.01.2009, Time: 19:32:41



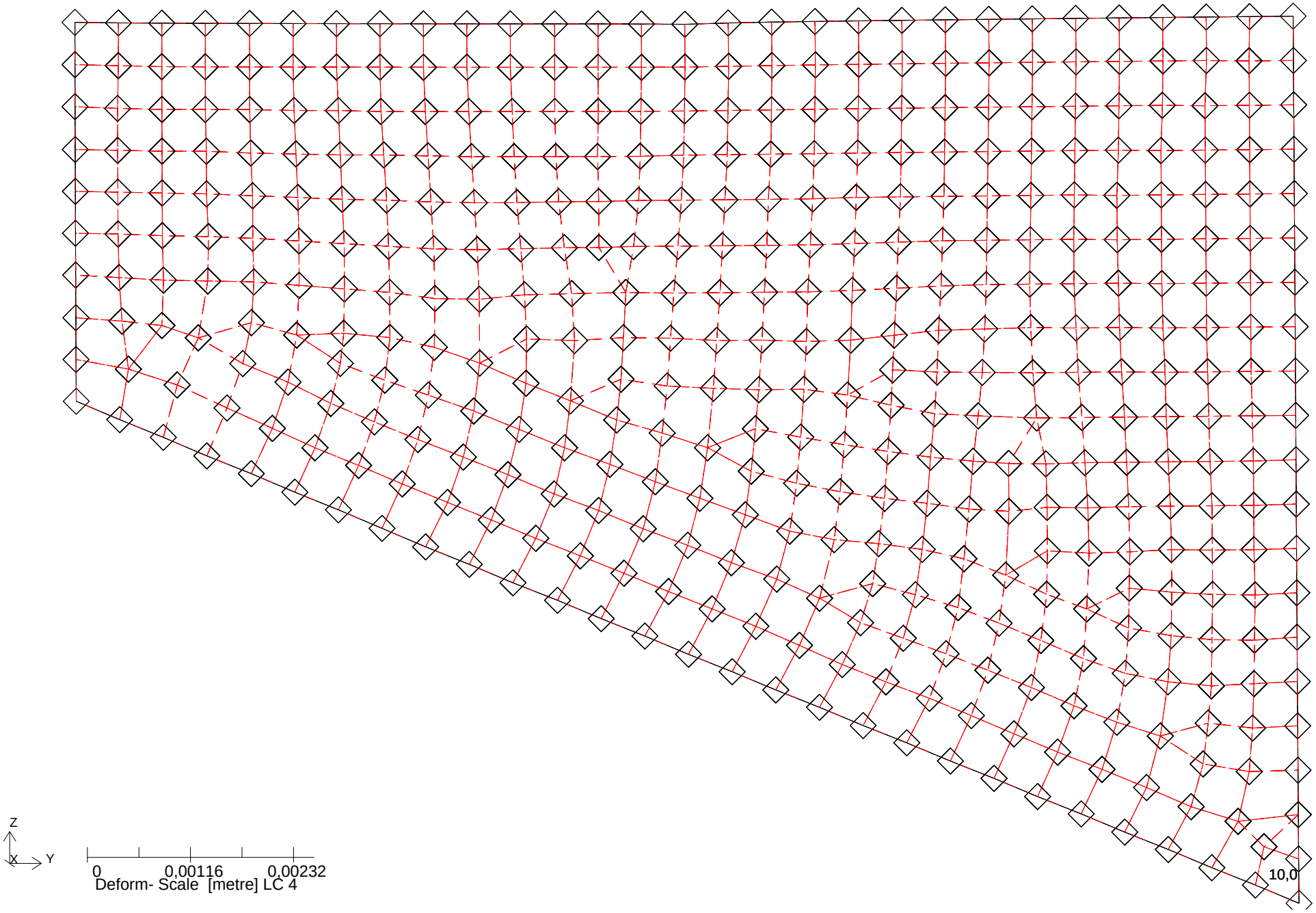
GERMANISCHER LLOYD
POSEIDONND 8.0

Proyecto fin de carrera, P_CP,
J E Terciado & A. Villalba SMin,SMax (LC: 4)

File : C:\Documents and Settings\Antonio Villalba\Escritorio\PROYECTO\Cuadernillos\Cuadernillo 5. Cuaderna maestra\GL ND\Cuaderna Maestra.pox Date: 25.01.2009, Time: 19:31:08

ANEXO XVI:

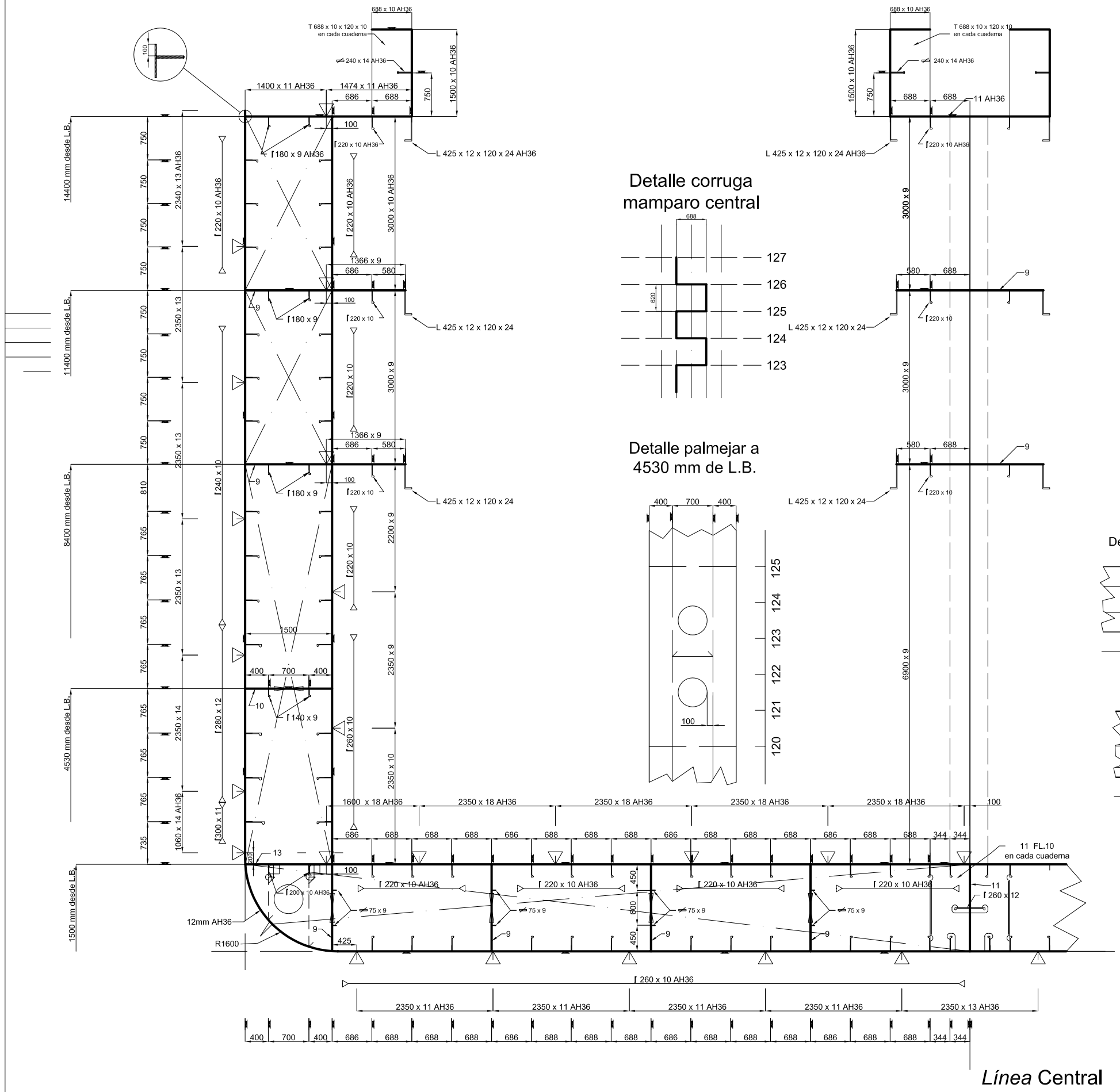
RESULTADOS DE DEFORMACIÓN DE CONSOLAS EN MODELO EF



GERMANISCHER LLOYD
POSEIDONND 8.0

Proyecto fin de carrera, P_CP,
J E Terciado & A. Villalba SMin,SMax (LC: 4)

Cuaderna maestra



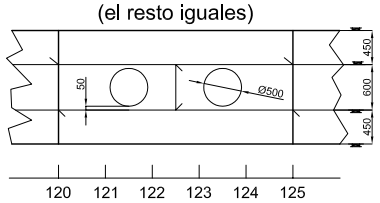
Detalle corruga mamparo central

Detalle palmejar a 4530 mm de L.B.

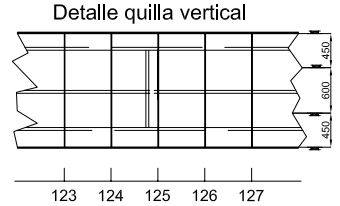
Materiales:

- Acero de calidad naval con límite elástico de 235 N/mm².
- Acero de calidad naval de alta resistencia con límite elástico de 355 N/mm². Anotado como AH36.

Detalle vagra a 2750 mm de L.C. (el resto iguales)



Detalle quilla vertical



Numeral de equipo: $N=\Delta^{(2/3)}+2\cdot h\cdot B+\frac{A}{10}=2055$
Equipo recomendado:
- 2 Anclas tipo Hall de 6000 Kg.
- 2 cadenas de 577,5 metros de longitud con eslabones de 60 mm de diámetro y 610 N/mm2 de resistencia a tracción.

.Esfuerzos máximos permitidos en .aguas tranquilas:

$Mf_{(quebranto)}$	730000 kN·m
$Mf_{(arrufo)}$	-214000 kN·m
$Q_{(quebranto)}$	11800 kN
$Q_{(arrufo)}$	-24600 kN

.Clasificación:

.G. Loyd, 100A5, E, Multipurpose, Cargo
.Ship, G, Equiped for Carriage of Containers,
.Streghtened for Heavy Cargoes, NAV-OC,
.IWS, Solas II-2Reg 54, +MC EAUT

.Características:

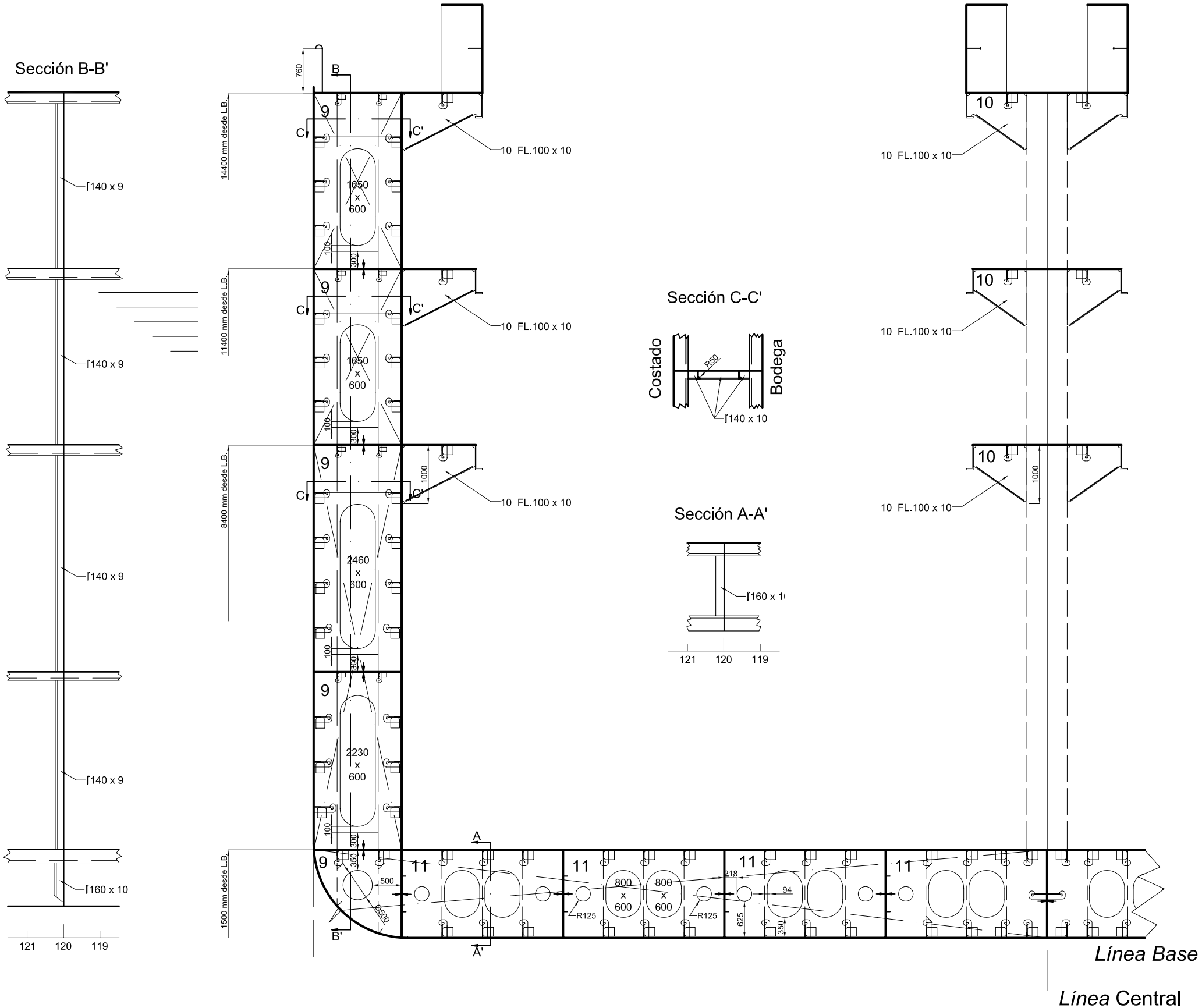
L_{total}	165,05 m
L_{pp}	155,03 m
$L_{escantillonado}$	154,74 m
B	25 m
D	14,4 m
$T_{escantillonado}$	11 m
$T_{trazado}$	10,5 m
$C_{B\ escantillonado}$	0,651
v	19,5 nudos
Clara de cuadernas 620 mm	
Bularcamas cada 5 claras	

.Cargas de diseño:

Doble fondo	80 kN/m²
Entrepuentes	35 kN/m²
Cubierta principal	29 kN/m²
Tapa de brazola	100 kN/m²

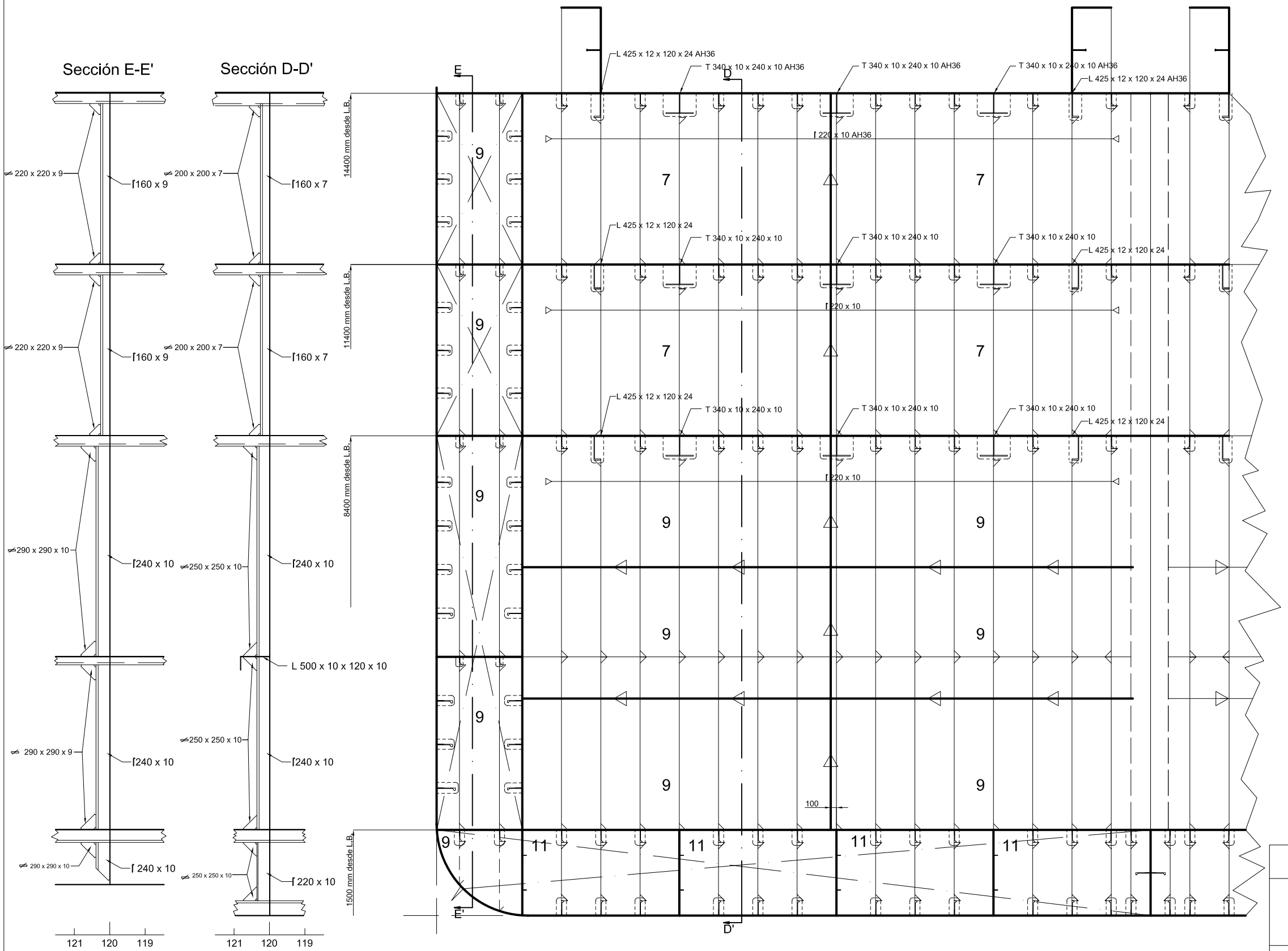
E.T.S.I.N.	BUQUE POLIVALENTE DE 20.000 T.P.M.	
PROYECTO Nº 1674		
JESUS ENRIQUE TERCIADO TERCIADO ANTONIO VILLALBA HERREROS		
CUADERNA MAESTRA	ESCALA: 1:75	HOJA: 1 de 3

Bularcama tipo



E.T.S.I.N.	BUQUE POLIVALENTE DE 20.000 T.P.M.	
PROYECTO Nº 1674		
JESUS ENRIQUE TERCIADO TERCIADO ANTONIO VILLALBA HERREROS		
CUADERNA MAESTRA - Bularcama -	ESCALA: 1:75	HOJA: 2 de 3

Mamparo estanco



E.T.S.I.N.	BUQUE POLIVALENTE DE 20.000 T.P.M.	
PROYECTO Nº 1674		
JESUS ENRIQUE TERCIADO TERCIADO ANTONIO VILLALBA HERREROS		
CUADERNA MAESTRA - Mamparo estanco -	ESCALA: 1:75	HOJA: 3 de 3

BUQUE POLIVALENTE 20000 TPM

CUADERNO Nº 7
CÁMARA DE MÁQUINAS

Proyecto nº 1674
Tutor: D. Francisco Alonso Thous

Jesús Enrique Terciado Terciado

Antonio Villalba Herreros

ÍNDICE

1-. INTRODUCIÓN

En este documento se describirá con detalle la Cámara de Máquinas.

Para poder decidir los elementos a instalar es necesario conocer el equipo propulsor, el balance de vapor y el balance eléctrico. En este cuaderno se hará la elección del equipo propulsor, obteniéndose el motor que mejor se ajuste a las características del buque. Se realizará también un cálculo de los consumos de combustible de los diferentes equipos para determinar el volumen de los tanques necesario para acompañar a los tanques almacén, que llevan 2800 m^3 según las especificaciones.

Los distintos sistemas definidos en este cuaderno son:

- Equipo propulsor
- Sistema de combustible
- Sistema de lubricación y refrigeración por aceite
- Sistema de refrigeración de la maquinaria
- Sistema de aire comprimido
- Sistema de vapor

Los cálculos y definición de la ventilación de la Cámara de Máquinas se presentan en el cuaderno 10.

También se adjunta un plano de disposición general de Cámara de Máquinas, en el cual se indica dónde están ubicados los distintos elementos que forman parte de ésta.

2-. EQUIPO PROPULSOR

El buque estará equipado con un motor diesel lento, reversible, directamente acoplado al eje de la hélice, que deberá proporcionar una potencia máxima continua para propulsión cercana a los 15.000 Kw al 90% MCR (pruebas) y un margen de mala mar del 15%, con lo que su potencia

nominal (en condiciones de pruebas) debe de ser al menos 19.172 Kw. Con esto, el motor girará a unas revoluciones lo más próximas posibles a 99,2 rpm (rpm en el punto de trabajo), ya que estas son las revoluciones con las que se alcanza un mejor rendimiento de la hélice. Cuando se necesite el 100% de potencia el motor irá a 108 rpm, siendo el rendimiento muy próximo al máximo. Se cogerá el motor con una MCR mayor que la que sale de la necesaria en condiciones de pruebas, para tener una reserva por el ensuciamiento de carena y propulsor.

Para el cálculo de la potencia del motor propulsor se ha utilizado el método de Holtrop. Este método lo hemos obtenido del programa Hullspeed (módulo del Maxsurf v11), comprobando sus resultados con buques de nuestra base de datos, y observando que los resultados eran similares.

Los motores actualmente disponibles en el mercado que más se aproximan a los requerimientos expuestos son los siguientes:

MOTOR	***MCR (kW)***	***rpm (100%)***	***Longitud total (mm)***
MAN B&W 7S65ME-C8	20.090	95	9.771
MAN B&W 7L70MC-C7	21.770	108	10.161
WÄRTSILÄ 8RT-flex60C	19.360	114	10.573

A la vista de la lista anterior, la mejor opción correspondería al motor MAN B&W 7S65ME-C8, ya que, tiene la menor longitud de los tres y la potencia, a pesar de ser menor que la del segundo motor MAN B&W, es suficiente para que, con un margen de ensuciamiento de casco y hélice en torno a un 9%, no tengamos problema de mover el barco con los requerimientos pedidos.

2.1-. PRINCIPALES CARACTERISTICAS DEL MOTOR

Las principales características del motor escogido son:

CARACTERÍSTICAS	
Cilindros	7 en línea
Potencia (MCR) condición pruebas	20.090 Kw
Revoluciones	95
Potencia 90% de MCR en pruebas	18.081 Kw
Revoluciones	91,7
Potencia (MCR) con margen ensuciamiento incluido	21.898 Kw
Revoluciones	95
Diámetro cilindro	650 mm.
Carrera	1.804 mm.
Consumo de combustible (MCR)	169 g / kW·h
Consumo del sistema de aceite	41,9 kg / día
Consumo de aceite de cilindros	0,77 g/ kW·h
DIMENSIONES Longitud máxima Anchura máxima Altura máxima sobre polines para desmontar pistones	 9.771 mm 4.124 mm 10.400 mm
Peso (seco)	470 t

Para más información del motor ver anexo de los datos básicos de la cámara de máquinas, obtenido en la página web de MAN B&W.

2.2-. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR

El diagrama de funcionamiento del motor MAN B&W 7S65ME-C8 (figura 1) muestra el área, delimitada por los puntos L1, L2, L3 y L4, dentro de la cual existe una entera libertad para seleccionar una combinación de potencia (Kw) y régimen de giro (rpm).

Las características de los puntos significativos del diagrama son las siguientes:

Punto	Velocidad (rpm)	P.M.E. (bar)	Potencia (Kw)
L1	95	20	20.090
L2	95	16	16.190
L3	81	20	17.200
L4	81	16	13.700

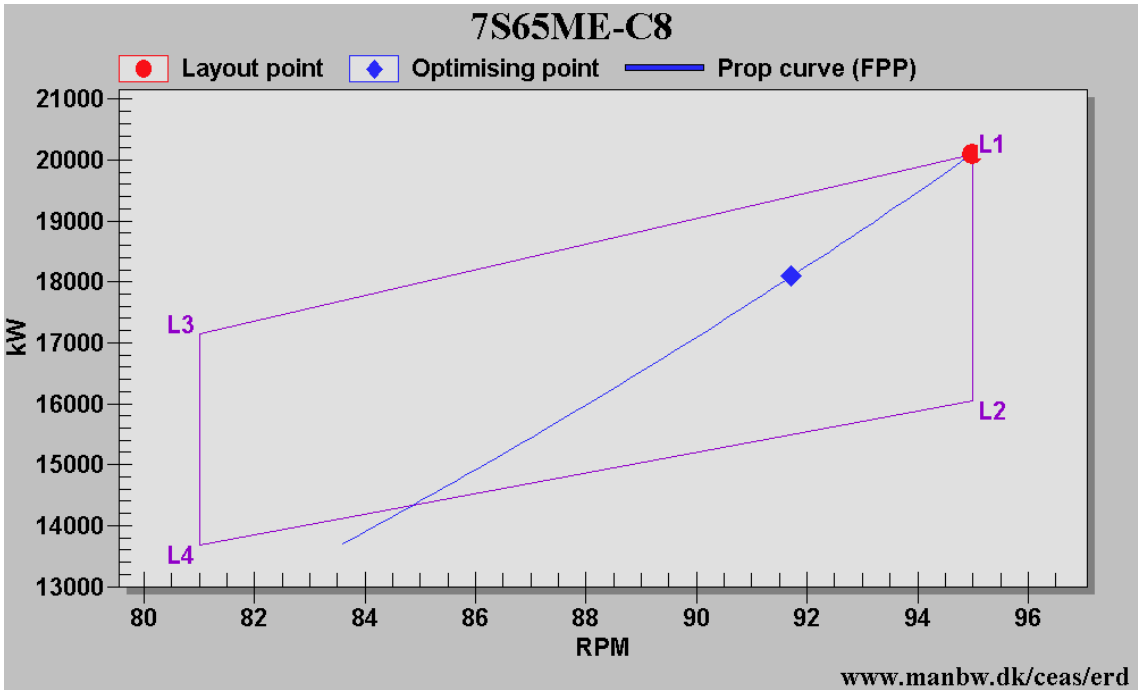


Figura 1

El punto L1 corresponde al valor de MCR (Maximum Continuous Rating: máxima potencia continua) nominal del motor (100% de potencia, 100% de revoluciones). Con relación a este punto se admite una sobrecarga en potencia del 110% y del 105% en revoluciones por un periodo máximo de una hora cada doce horas.

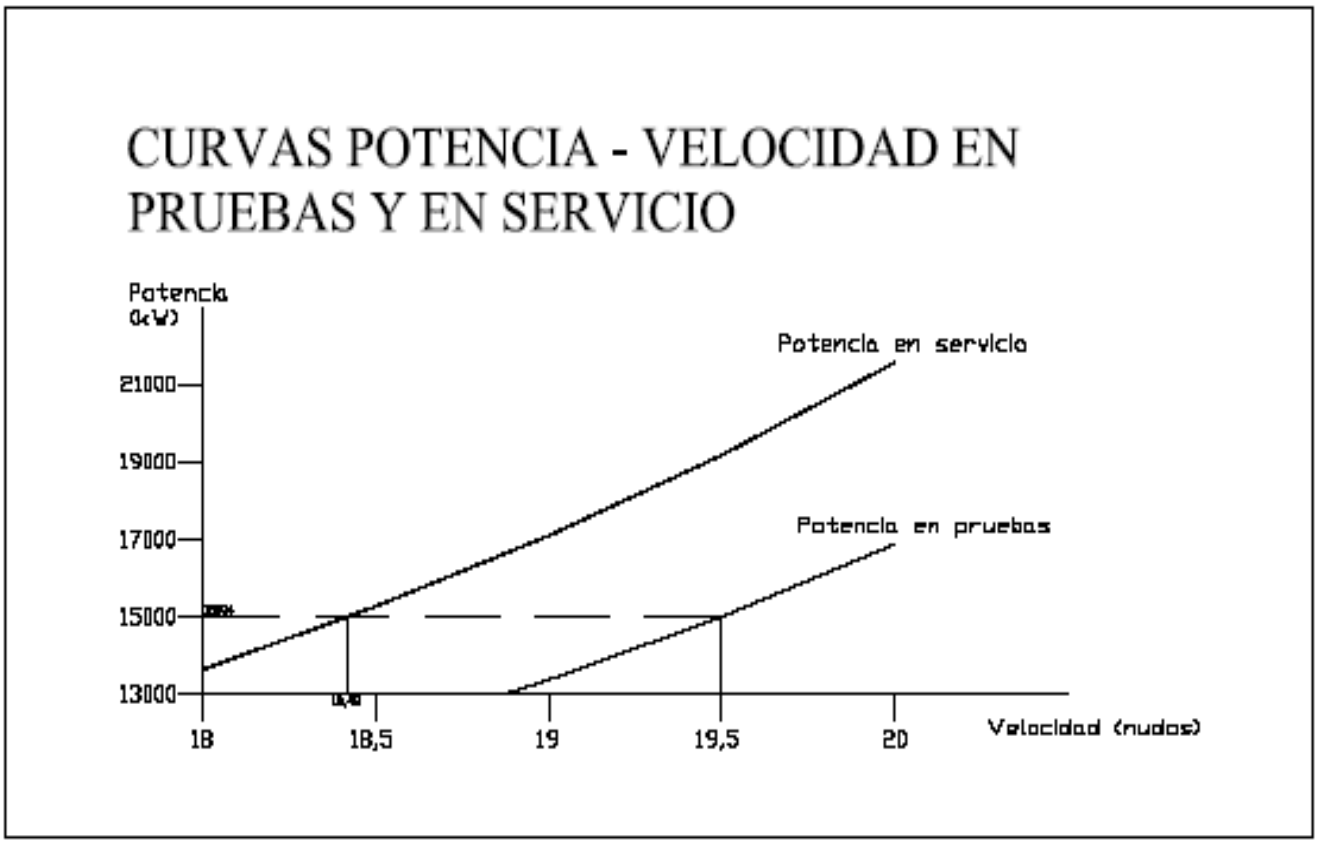
Los puntos significativos de funcionamiento del sistema hélice-motor han de estar situados necesariamente dentro de los límites de funcionamiento del motor, marcados en el diagrama por las líneas de presión media efectiva constante (L1-L3 y L2-L4) y de revoluciones constantes (L1-L2 y L3-L4).

Una vez que se elige el motor hay que comprobar que tenemos un margen de potencia como previsión de que el casco se ensuciará y la hélice se volverá pesada. En nuestro caso, la máxima potencia que podríamos obtener del motor es 20.090 Kw al 100% de rpm (L1) y nuestra MCR pruebas está en 19.172 Kw al 100% de rpm. Con esto tenemos que nuestro motor esta al 91,6% del máximo posible de potencia del motor. Por lo tanto, el motor es válido por este criterio, ya que debía estar la MCR pruebas entre el 87% y el 92% de la MCR nominal del motor. Esto se hará para evitar que en el transcurso de la vida del buque se produzca la sobrecarga del motor cuando el propulsor deje de funcionar en condiciones óptimas, debido a la suciedad que acumulan tanto la carena como el propulsor. El efecto del ensuciamiento del propulsor y carena, será que la hélice será más pesada, por lo que demandará más potencia del motor a las mismas rpm, es decir, se incrementará la presión media efectiva P.M.E. del motor inyectando más caudal de combustible (el motor en el punto A de la figura anterior tiene una P.M.E., de 16 bares, cuando a esas rpm puede alcanzar un máximo de 20).

Se instalarán turbosoplantes de alto rendimiento en el motor principal, lo que hace posible disponer un sistema TCS (Turbo Compound System), consistente en una turbina conectada al cigüeñal a través de un reductor y accionada por una porción de los gases de escape. La potencia que genera la turbina revierte al motor y determina la reducción de hasta 5 g/BHPh en el consumo específico de fuel. El TCS se fundamenta en que la cantidad de aire requerida para la combustión es inferior a la que suministran las turbos de alto rendimiento, por lo que es posible reducir el suministro de energía a éstas derivando parte de los gases de exhaustación hacia la turbina.

La potencia de la turbina del TCS cuando el motor se encuentra al SCR (Service Continuous Rating), y que es la carga (combinación potencia-velocidad) para la que se va a considerar optimizado el motor (se regula la inyección y se ajustan las turbosoplantes), se estima, según datos del fabricante, en el 4% de la potencia correspondiente a tal punto.

-Velocidad de servicio: En cuanto a la velocidad de servicio está se sitúa en 18,42 nudos, siendo su cálculo explicado por el siguiente grafico. El margen de mar para nuestro proyecto se sitúa en un 15%, sacando la curva de potencia en servicio, aplicando este margen sobre la curva de potencia en prueba.



3-. MOTORES AUXILIARES

De acuerdo con lo indicado en el cuaderno 11, se instalarán 3 grupos generadores (así lo indica la especificación) MAN B&W 5L 23/30 H de las siguientes características:

MAN B&W 5L 23/30 H	
Cilindros	5L
Potencia motor (Kw)	650
Potencia motor (BHP)	872
Potencia generador (Kw)	615
Potencia generador (kVA)	770
Régimen (rpm)	720
Diámetro (mm)	225
Carrera (mm)	300
P.M.E. (bar)	18,2
Velocidad media del pistón (m/s)	9,0
Consumo (gr /BHP·h)	145,4
Longitud total grupo (mm)	5.505
Anchura total (mm)	1.600
Altura sobre polines para desmontar pistones (mm)	2.383
Peso del grupo (motor + alternador) (t)	16,8

Son motores de cuatro tiempos de velocidad media, turboalimentados a presión constante. Están diseñados para operar con fuel oil pesado con viscosidad de hasta 730 cSt a 50°C, lo que hará posible la instalación de un único sistema de combustible para el motor propulsor y los auxiliares, proporcionando un ahorro sustancial en los costes de operación y mantenimiento.

4-. ESTIMACION DE CONSUMOS

4.1-. CONSUMO DE H.F.O. DEL MOTOR PRINCIPAL

Se considerarán unas condiciones ambientales más severas que las estándar ISO, como son las tropicales, para no restringir las zonas de navegación:

- 1000 mbar de presión atmosférica.
- 45°C de temperatura del aire a la entrada del motor.
- 32°C de temperatura del agua de mar.

Se considerarán los siguientes preceptos para el cálculo del consumo del motor principal:

- Calcularemos el consumo en el punto de funcionamiento usual del motor; es decir, al SCR.
- Un fuel de menor poder calorífico que 42.700 kJ/kg. Nuestro H.F.O. tendrá un poder calorífico de 41.000 kJ/kg.
- Tolerancia de +5% en el punto de consumo óptimo (fabricante del motor).
- Margen de un 10% de seguridad (previsión de casco y hélice sucios,...).
- Al instalar el sistema TCS (Turbo Compound System) reducimos el consumo en un 4%)
- Un 2,5% por impurezas en el combustible.
- Las consideraciones de porcentaje de llenado de los tanques y de descuentos por hierros se tendrán en cuenta al dimensionar los tanques necesarios.

Según los datos del motor, tenemos:

	g/kW·h (100%)	***g/kW·h (85%)***
con turbos de alto rendimiento	170	166,6

Por lo tanto, tendremos un consumo SFOC de:

$$SFOC_{Tropical} = 1{,}025 \cdot \frac{42.700}{41.000} \cdot 166{,}6 \cdot 1{,}05 \cdot 1{,}10 \cdot 0{,}96 = 197{,}20 g/kW \cdot h$$

$$197{,}20 g/kW \cdot h \cdot 17255 kW \cdot 1/1000000 T/g = 3{,}403 T/h$$

y el consumo diario es:

$$3{,}403 T/h \cdot 24 h/d = 81{,}662 T/d$$

4.2-. CONSUMO DE H.F.O. DE LOS MOTORES AUXILIARES

Se considerarán unas condiciones ambientales más severas que las estándar ISO, como son las tropicales, para no restringir las zonas de navegación:

- 1000 mbar de presión atmosférica.
- 45°C de temperatura del aire a la entrada del motor.
- 32°C de temperatura del agua de mar.

Se considerarán los siguientes preceptos para el cálculo del consumo de los auxiliares, siguiendo preceptos similares al del motor principal:

- Calcularemos el consumo en el punto de potencia máxima del motor auxiliar, en condiciones de ambiente tropical.
- Un fuel de menor poder calorífico que 42.700 kJ/kg. Nuestro H.F.O. tendrá un poder calorífico de 41.000 kJ/kg.
- Tolerancia de +5% en el punto de consumo óptimo (fabricante del motor).
- Tendremos, por seguridad, un 10% de combustible como reserva en la llegada a puerto.
- Un 2,5% por impurezas en el combustible.

El consumo específico de fuel pesado en condiciones ambientales Tropicales es de 177,67 g/kW·h con lo que nos queda:

$$SFOC_{Tropical} = 1{,}05 \cdot \left(\frac{42.700}{41.000}\right) \cdot 1{,}10 \cdot 1{,}025 \cdot 144{,}1 = 177{,}67 g / BHP \cdot h$$

Consumo horario:

$$177{,}67 g / BHP \cdot h \cdot 946 BHP \cdot 1/1000 kg / g = 168{,}08 kg / h$$

Consumo diario:

$$168{,}08 kg / h \cdot 24 h / d = 4.034 kg / d = 4{,}03 t / d$$

5-. CAPACIDADES DE LOS ELEMENTOS AUXILIARES DEL MOTOR PRINCIPAL

La tabla que se muestra a continuación contiene los datos referentes a las capacidades necesarias de los auxiliares del motor MAN B&W 7S65ME-C8 equipado con turbosoplantes MAN B&W (NA) de alto rendimiento.

Bombas:	
Bomba de circulación de combustible	8,0 m^3/h
Bomba de suministro de combustible	5,0 m^3/h
Bomba de agua dulce para refrigeración de camisas	165,0 m^3/h
Bomba de agua dulce del sistema de refrigeración centralizado	210,0 m^3/h
Bomba de agua de mar	670,0 m^3/h
Bomba de circulación de aceite de lubricación	353,0 m^3/h
Bomba de aceite para eje de levas	55,0 m^3/h
Enfriador de aire de barrido:	
Calor a disipar en el enfriador	8.380 kW
Caudal de agua dulce del sistema de refrigeración centralizado	436,0 m^3/h
Enfriador de aceite de lubricación:	
Calor a disipar en el enfriador	1.400 kW
Caudal de aceite lubricante	353,0 m^3/h
Caudal de agua dulce del sistema de refrigeración centralizado	210,0 m^3/h
Enfriador de aceite eje de levas:	
Calor a disipar en el enfriador	170 kW
Caudal de aceite lubricante	55,0 m^3/h
Caudal de agua dulce del sistema de refrigeración centralizado	24,0 m^3/h
Enfriador de agua dulce para refrigeración de camisas:	
Calor a disipar en el enfriador	2.910 kW
Caudal de agua dulce para refrigeración de camisas	165,0 m^3/h
Caudal de agua dulce del sistema de refrigeración centralizado	210,0 m^3/h

Enfriador central:	
Calor a disipar en el enfriador	12.860 kW
Caudal de agua dulce del sistema de refrigeración centralizado	670,0 m^3/h
Caudal de agua de mar	845,0 m^3/h
Calentador de combustible	210,0 Kw
Gases de escape (100 % carga)	
Flujo de gases de escape	178.600 kg/h
Temperatura gases de escape	258 ºC
Consumo de aire	48,7 kg/s
Aire de arranque: 30 bar	
Volumen de las botellas (12 arrancadas)	2 x 7 m^3
Compresores	420 m^3/h

Los datos de los enfriadores consideramos que ya están calculados para soportar el funcionamiento del motor con una cierta sobrecarga, por eso ponemos los datos de los enfriadores que nos salen directamente del programa de MAN B&W que está en el anexo. Si no fuese así, tendríamos que prever un cierto sobredimensionamiento de los enfriadores por ejemplo un 10%. Los valores dados en la tabla anterior están calculados en base a unas condiciones ambientales tropicales y se refieren al motor funcionando en su MCR nominal (punto L1) y con un sistema de refrigeración centralizado.

El incremento de presión en las bombas y su temperatura máxima de trabajo serán las que se muestran en el siguiente cuadro:

Bombas	Incremento de presión (bar)	Máxima temperatura de trabajo (ºC)
Bomba de suministro de combustible	4	100
Bomba de circulación de combustible	6	150
Bomba de circulación de aceite de lubricación	4,3	80
Bomba de aceite para eje de levas y válvulas de exhaustación	4	60
Bomba de agua de mar	2,5	50
Bomba agua dulce del sistema de refrigeración centralizado	2,5	90
Bomba de agua dulce para refrigeración de camisas	3	90

6-. CAPACIDADES DE LOS ELEMENTOS AUXILIARES DE LOS MOTORES DE LOS GRUPOS GENERADORES

La tabla que se muestra a continuación contiene los datos referentes a las capacidades necesarias de la maquinaria auxiliar de los motores MAN B&W 5L 23/30 H. Estas capacidades habrán de sumarse a las requeridas por el motor principal a la hora de diseñar los sistemas de alimentación de fuel oil y de refrigeración centralizado que son comunes para ambos.

Bombas:	
Bomba de circulación de combustible	0,65 m^3/h
Bomba de suministro de combustible	0,4 m^3/h
Bomba de agua dulce del sistema de refrigeración centralizado	33 m^3/h
Bomba de agua de mar	45 m^3/h
Enfriador de aire de barrido:	
Calor a disipar en el enfriador	249 kW
Caudal de agua dulce del sistema de refrigeración centralizado	28 m^3/h
Temperatura del agua de refrigeración a la entrada del enfriador	38 ºC

Enfriador de aceite de lubricación:	
Calor a disipar en el enfriador	80 kW
Caudal de aceite lubricante	23 m^3/h
Temperatura del aceite a la entrada del enfriador	65º C
Caudal de agua dulce del sistema de refrigeración centralizado	4,7 m^3/h
Temperatura del agua de refrigeración a la entrada del enfriador	38º C
Refrigeración de camisas:	
Calor a disipar	215 kW
Caudal de agua dulce del sistema de refrigeración centralizado	23,5 m^3/h
Temperatura del agua de refrigeración a la entrada de las camisas	91º C
Enfriador central:	
Calor a disipar en el enfriador	534 kW
Caudal de agua dulce del sistema de refrigeración centralizado	33 m^3/h
Caudal de agua de mar	45 m^3/h
Calentador de combustible	18 Kw

7-. SISTEMA DE COMBUSTIBLE

Tanto el motor principal MAN B&W 7S65ME-C8 como los motores auxiliares MAN B&W 5L 23/30 H están diseñados para operar con el mismo fuel oil pesado, lo que permite disponer un sistema común de combustible para todos ellos. Las características extremas del fuel deberán ser las siguientes:

- Densidad máxima a 15°C: 991 kg/m^3
- Viscosidad a 100°C: 55 cSt
- Viscosidad a 50°C: 700 cSt

El sistema está constituido por los siguientes subsistemas:

1. Sistema de recepción, almacenamiento y trasiego.
2. Sistema de tratamiento y limpieza.
3. Sistema presurizado de alimentación.

En el circuito de alimentación se puede introducir tanto fuel pesado como diesel oil. El propósito de la presurización es evitar la evaporación del fuel y del agua que pudiera contener y la cavitación dentro de las bombas, fenómenos que pueden presentarse cuando se calienta el combustible a elevada temperatura (hasta 150°C) para lograr una viscosidad de entre 10 y 15 cSt, requerida para la inyección.

La diversidad de las características de los combustibles existentes en el mercado (por el crudo de origen y los procesos de refino a los que es sometido) determina que, debido a incompatibilidad, tales combustibles puedan ocasionalmente tender a ser inestables cuando se mezclan, provocando la producción de importantes cantidades de lodos que pueden incluso desbordar la capacidad de separación de las purificadoras, bloqueándolas. La mezcla será evitada en la medida de lo posible disponiendo tanques almacén segregados y dos tanques de sedimentación, diseñados para lograr un vaciado adecuado. El tanque de servicio diario de fuel será, en cambio, único. Se tendrá, asimismo, un tanque almacén, uno de sedimentación y otro de servicio diario para diesel oil.

7.1-. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

7.1.1-. Tanques almacén de fuel oil

La capacidad de H.F.O. será la suficiente para lograr la autonomía que nos proporcionan los 2.800 m^3 de combustible, que indica la especificación, al 90% del MCR pruebas y con un margen de mar del 15%. En estas condiciones, la velocidad de servicio alcanzada por el buque es de 18,42 nudos. Para calcular la capacidad de los diversos tanques de cámara de máquinas hemos de calcular en primer lugar la autonomía que nos permite la cantidad de H.F.O. estipulada en la especificación:

El combustible debe ser el necesario para abastecer tanto al motor principal como a los auxiliares que deban estar en operación durante la navegación.

- Consumo diario del motor principal: 81,66 T/d
- Consumo diario de dos auxiliares: $2 \cdot 4{,}03 = 8{,}06$ T/d

Consumo diario de fuel oil:

$$Consumo_{Total} = 81{,}66 + 8{,}06 = 89{,}73 t/d = 95{,}02 m^3/d$$

Y, teniendo en cuenta que contamos con 2800 m^3 de H.F.O., la autonomía será:

$$Autonomía = \frac{V_{HFO}}{1{,}15 \cdot Consumo_{Total}} = \frac{2.800}{1{,}15 \cdot 95{,}02} = 25{,}62 días$$

Para lograr la capacidad de H.F.O. requerida se dispondrán 19 tanques de almacenamiento de H.F.O. distribuidos por cámara de máquinas, con un volumen neto cada uno de ellos de:

TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE HFO	
IDENTIFICACIÓN	**VOLÚMEN (m^3)**
Almacén HFO. bajo E	171,4
Almacén HFO. bajo C	221,8
Almacén HFO. bajo B	171,4
Almacén HFO. medio E	131,1
Almacén HFO. medio C	96,4
Almacén HFO. medio B	131,1
Almacén HFO. alto E	128,6
Almacén HFO. alto C	96,4
Almacén HFO. alto B	128,6
Almacén HFO. cub. pr. E.	100,5
Almacén HFO. cub. pr. CE	100,5
Almacén HFO. cub. pr. CB	100,5
Almacén HFO. cub. pr. B	100,5
Almacén HFO. cub. pp. E	82,5
Almacén HFO. cub. pp. CE	82,5
Almacén HFO. cub. pp. CB	82,5
Almacén HFO. cub. pp. B	82,5
Almacén HFO. Popa A	220,0
Almacén HFO. Popa B	220,0

Tenderemos autonomía suficiente ya que se entre estos tanques y los de sedimentación y servicio diario superamos los 2.800 m^3 necesarios para cumplir con la especificación.

7.1.2-. Tanques de sedimentación de fuel oil

La capacidad de los tanques de sedimentación será la suficiente para abastecer durante 24 horas el consumo de fuel, con un margen del 15%. Dado

que el consumo estimado de fuel es de 89,73 T/d (95,02 m^3/d), la capacidad mínima de los tanques de sedimentación deberá ser de 110,9 m^3. Para satisfacer esto se dispondrán dos tanques de sedimentación, cada uno de ellos con una capacidad de 60 m^3, sobrepasándose por tanto esta capacidad. El combustible se mantendrá en su interior a 55°C.

7.1.3-. Tanque de servicio diario de fuel oil

La capacidad de los tanques de servicio diario será la suficiente para abastecer al motor principal y a los auxiliares durante 24 horas con un margen del 10%. La capacidad mínima de estos tanques deberá ser de 104,5 m^3. Para satisfacer esto se dispondrá un tanque de 66,9 m^3 y otro de 39,6 m^3. Se mantendrán ambos a 98°C.

7.1.4-. Bombas de trasiego de combustible (automáticas)

Para el cálculo de las bombas, en general, se ha estimado un rendimiento del 40% en bombas de tornillo o husillos y de un 60% en bombas centrífugas, además se ha cogido un margen de un 30% adicional por ensuciamiento de la bomba, de las tuberías, de los intercambiadores o cualquier otro motivo.

Para el trasiego de fuel oil desde el tanque almacén hasta el tanque de sedimentación se dispondrá de dos bombas, una de respeto de la otra, capaces de llenar el 15% del tanque de sedimentación en un tiempo de 20 minutos. Estas bombas mantienen un nivel casi constante en el tanque de sedimentación y, por tanto, aseguran la constancia de la temperatura a la entrada de las purificadoras, que es una condición imprescindible para el adecuado tratamiento del fuel pesado. Están mandadas por un control de nivel en el tanque de sedimentación que provoca su arranque o parada. Se emplean tanto para el combustible pesado como para el ligero. Las características de estas bombas serán las siguientes:

Unidades instaladas: 2

Unidades en servicio: 1

Tipo: Tornillo accionadas por motor eléctrico

Caudal: 24,6 m^3/h

Presión de descarga: 4 bares

Densidad del fluido: 991 kg/m^3

Potencia: 11,4 Kw

7.1.5-. Tanque almacén de diesel oil

Como ya se indicó, aunque tanto el motor principal como los auxiliares van a operar con fuel pesado, se pueden presentar circunstancias en que es necesario alimentarlos con diesel oil.

Para el dimensionamiento de este tanque tendremos que comprobar el uso que se va a hacer de diesel oil; y para ello, hemos de ver la estancia en puerto:

$Autonomía = 25{,}62 días = 615 horas \Rightarrow$ 4 entradas y salidas de puerto

$3 horas / salida (o entrada) \Rightarrow 24$ horas de consumo de diesel oil

Considerando que el consumo de diesel oil es un 4% inferior al de fuel pesado la masa de diesel oil a almacenar será:

$$Consumo_{DO\,MP} = 0{,}96 \cdot 81{,}66 \cdot 1 día = 73{,}49 t$$
$$Consumo_{DOMMAA} = 0{,}96 \cdot 4{,}03 \cdot 1 día = 3{,}87 t$$
$$Consumo_{DOTotal} = 73{,}49 + 3 \cdot 3{,}87 = 86{,}14 t$$

Suponiendo que el 2% de esta masa no es aspirable y que el contenido en agua del diesel es aproximadamente de un 1%, la cantidad de diesel oil a almacenar será: $\frac{86{,}14}{0{,}98 \cdot 0{,}99} = 88{,}79 t$

A partir de la masa total de diesel oil, puede obtenerse la capacidad requerida de los tanques almacén teniendo en cuenta los siguientes datos:

Densidad del MDO a 15º C	0,850 t/m^3
Descuento por hierros	0%

(Se han tenido en cuenta en el diseño de los tanques)

Grado de llenado de los tanques	98%

$$V_{MDO} = \frac{88,79}{0,850 \cdot 0,98} = 105,70 m^3$$

Así pues, para el almacenamiento de diesel oil se dispondrán en la cámara de máquinas dos tanques de 54 m^3 de capacidad cada uno.

7.1.6-. Tanque de servicio diario de diesel oil

Se considerará que la capacidad de este tanque habrá de ser la suficiente para abastecer el consumo del motor principal y los auxiliares durante 8 horas. Considerando que el diesel oil que llega a este tanque ya no tiene agua, su capacidad será un tercio de la del tanque almacén de diesel oil pero descontando el 1% de agua. Así pues, será:

$$V_{SDDO} = \frac{105,70 \cdot 0,99}{3} = 34,88$$

Se dispondrá un tanque con una capacidad neta de 36 m^3 que cumple con el requisito establecido.

7.1.7-. Bomba de trasiego de diesel oil

Para el trasiego de diesel oil se dispondrá una bomba de similares características que la de trasiego de fuel oil. Una de las bombas de combustible pesado servirá de respeto para los dos servicios.

Unidades instaladas: 1

Unidades en servicio: 1

Tipo: Tornillo accionadas por motor eléctrico

Caudal: 23,8 m^3/h

Presión de descarga: 4 bares

Densidad del fluido: 850 kg/m^3

Potencia: 11,0 Kw

7.1.8-. Tanque de servicio para la caldera de mecheros.

Para alimentar la caldera de mecheros se dispondrá de un pequeño tanque de servicio con una capacidad neta de 15 m^3 y que será rellenado desde el tanque almacén con la bomba de trasiego. Este tanque dispondrá de la

calefacción imprescindible para mantener en él una temperatura de 40º C, suficiente para permitir el bombeo de dicho combustible.

7.1.9-. Tanque de reboses de fuel oil.

En este tanque se recogerán los reboses y derrames que puedan producirse durante las operaciones de trasiego de combustible así como las restantes purgas y fugas que pudieran darse en el sistema de combustible. Para el dimensionamiento de este tanque se considerará que ha de ser capaz de almacenar el combustible bombeado por la bomba de trasiego durante 20 minutos. Por tanto, su capacidad será como mínimo la siguiente:

$$Capacidad_{\tan quereboses} = 24{,}6m^3 / h \cdot 1/3h = 8{,}4m^3$$

Se dispondrá a tal efecto un tanque situado en el doble fondo de la cámara de máquinas y cuya capacidad neta, considerando un grado de llenado del 98% y un descuento por hierros del 0%, es de 9,2 m^3.

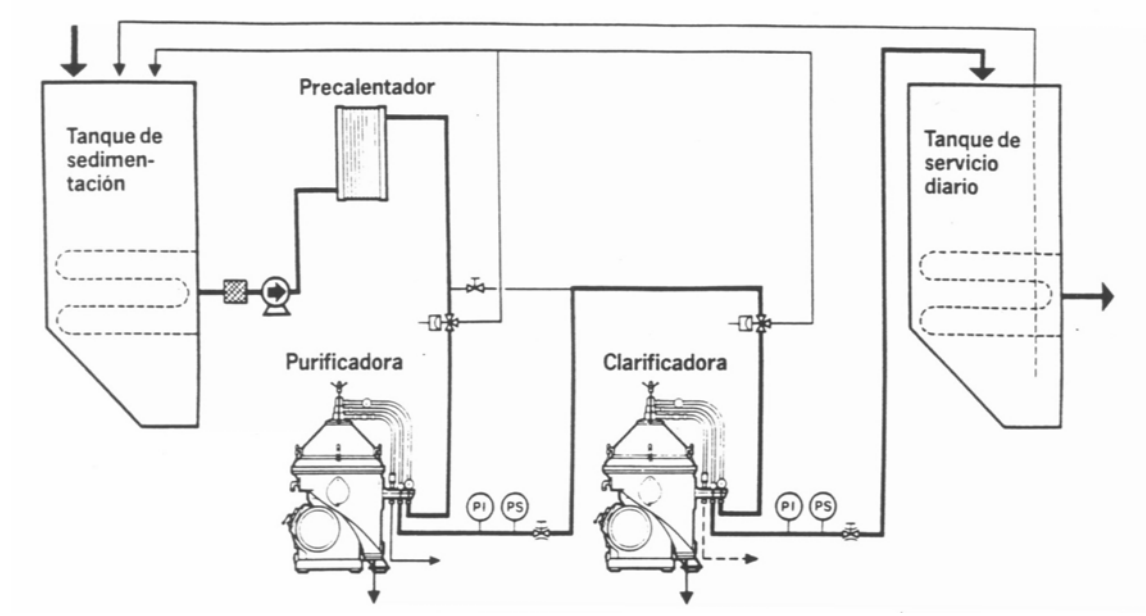
7.2-. SISTEMA DE PRETRATAMIENTO Y LIMPIEZA DEL COMBUSTIBLE

La elevada concentración de contaminantes sólidos y líquidos en los combustibles actualmente empleados hacen absolutamente imprescindible la instalación a bordo de un sistema de tratamiento y limpieza del fluido. Las partículas sólidas presentes en el fuel son principalmente hollines, arena, polvo, impurezas procedentes de la oxidación y corrosión de las tuberías y catalizadores residuales del proceso de refino del crudo. Los contaminantes líquidos son fundamentalmente agua dulce y agua salada.

Todas estas impurezas en el combustible pueden causar daños importantes en las bombas, válvulas e inyectoras, el deterioro de las camisas de los cilindros y de los asientos de las válvulas de exhaustación, así como el ensuciamiento de los conductos de evacuación de gases y de las paletas de las turbosoplantes.

El sistema de tratamiento del combustible estará constituido por precalentadores de combustible, separadoras centrífugas, filtros y bombas.

El esquema de este sistema es el que se muestra en la siguiente figura:



Los sólidos que, debido a su pequeño tamaño, no pueden ser eliminados por filtrado, y los contaminantes líquidos, serán separados por decantación aprovechando la diferencia de densidades. Una primera separación de agua y lodos se produce en los tanques de sedimentación. La entrada a estos tanques del combustible procedente del tanque almacén se efectuará por su parte superior para evitar el riesgo de tener una temperatura demasiado baja en la aspiración de la bomba de alimentación de las separadoras centrífugas. Se instalarán interruptores de nivel que eviten que la fluctuación de nivel en los tanques se traduzca en fluctuaciones de temperatura. La temperatura en los tanques de sedimentación no será inferior a 50 ºC y se mantendrá constante regulando en forma automática la entrada de vapor. También se instalará en los tanques un detector de alto nivel de agua para avisar de la necesidad de purga.

Desde el tanque de sedimentación el combustible es impulsado hacia las centrífugas por medio de la bomba de alimentación que serán de desplazamiento positivo y flujo constante. La práctica habitual consiste en instalar dos bombas de alimentación, una de ellas de respeto de la otra. La aspiración de este tipo de bombas desde el tanque de sedimentación debe situarse a suficiente altura para impedir que el agua que se esté sedimentando acceda a las separadoras.

La constancia en el flujo de combustible es esencial para mantener una buena separación, especialmente con combustibles de alta densidad. El caudal

no debe verse afectado por las variaciones de consumo de los motores y, en condiciones normales de funcionamiento, dicho caudal será superior al consumo de los motores, por lo que se montará una tubería de rebose desde el tanque de servicio diario hasta el de sedimentación. Esta tubería partirá de la parte baja del tanque de servicio diario para así recircular el posible contenido de agua que por condensación, pérdidas de vapor o cualquier otra causa aparezca en este tanque. Asimismo, se instalará un sistema neumático de regulación de caudal para asegurar la constancia del flujo requerido por la planta de tratamiento. Este sistema neumático servirá, además, para distribuir el caudal entre las separadoras en el caso de que operen en paralelo.

Después de las bombas de alimentación se instalarán dos precalentadores de vapor, uno de respeto del otro. La razón de que sean de vapor es que su rapidez de respuesta es superior a la de los eléctricos. La temperatura del combustible a la entrada de las separadoras debe ser de 98 ºC y es esencial que se mantenga constante para conseguir una separación óptima. Para esto, se instalará un sistema de control con una desviación máxima de ± 2 ºC.

Para el tratamiento del combustible pesado es obligatoria la instalación de dos separadoras centrífugas, una de respeto de la otra. Dada la obligatoriedad de su instalación es preferible tenerlas en uso simultáneamente para mejorar la calidad del tratamiento. Las dos centrífugas se instalarán en serie, esto es, la primera actuará de purificadora, separando lodos y agua del combustible, y la segunda como clarificadora, eliminando lodos y sólidos. Esta configuración de las centrífugas proporciona, aparte de la mencionada mejora en el tratamiento, una mayor seguridad en el caso de que por cualquier causa falle durante el funcionamiento alguna de ellas. No obstante, las centrífugas se conectarán de manera que puedan actuar en paralelo, como purificadoras, disminuyendo su caudal a la mitad del nominal. Esta configuración se adoptará en el caso de que exista una excesiva cantidad de lodos y agua en el combustible. Para el tratamiento del diesel oil se instalará una separadora centrífuga de menor capacidad que las de fuel oil. Al no ser claro el dimensionamiento de esta separadora, se suele utilizar una del mismo tamaño que la de aceite de forma

que, la de diesel oil, con las modificaciones oportunas, sirva de respeto de la de aceite.

7.2.1-. Elementos del sistema de tratamiento

7.2.1.1-. Separadoras centrífugas de fuel oil

El caudal de fuel oil a tratar en la separadora centrífuga está dado por el fabricante del motor, de acuerdo con las recomendaciones de los principales fabricantes de separadoras, y es 0,27 l/kW·h.

Para el cálculo de este caudal se empleará la potencia máxima continua (MCR) nominal del motor. Considerando el caso más desfavorable de operación simultánea del motor principal y tres de los auxiliares, el caudal tratado deberá ser:

$$Caudal = 0{,}27 \cdot (19.172 + 3 \cdot 705) = 5.747 l/h$$

Se instalarán cuatro separadoras (un sistema completo de respeto) cada una de ellas con capacidad para tratar 3.700 l/h de HFO con viscosidad de 700 cSt a 50 ºC. Dos de estas separadoras actuarán como purificadoras mientras que las otras dos lo harán como clarificadoras. El consumo eléctrico estimado de cada una de las separadoras es de 19 Kw.

Para un combustible como el citado, que tiene una viscosidad de 700 cSt a 50 ºC, se recomienda una temperatura de separación de 98 ºC.

7.2.1.2-. Bombas de alimentación de las separadoras

Unidades instaladas: 2

Unidades en servicio: 1

Tipo: Tornillo, accionada por motor eléctrico

Caudal: 5,8 m^3/h

Presión de descarga: 5 bares. Debe dar al menos 4 bares a la salida

Densidad del fluido: 991 kg/m^3

Potencia del motor: 3,6 Kw

7.2.1.3-. Separadora centrífuga de diesel oil

Como ya indicamos, para este servicio se utilizará una separadora del mismo tamaño que la de aceite, de forma que la de diesel oil con las modificaciones oportunas sirva de respeto de la de aceite. Se instalará una única separadora con capacidad nominal de 1.500 l/h. La temperatura de separación recomendada es de 40 ºC, y la potencia eléctrica absorbida es de 17,5 Kw.

7.2.1.4-. Tanque de lodos de las purificadoras

Tendrá capacidad para albergar los residuos procedentes de todo el combustible consumido durante la navegación. Si los residuos se estiman en el 1% del volumen consumido de fuel, la capacidad mínima del tanque será:

$$V(m^3) = \frac{0{,}01 \cdot M_{fod}(t/d) \cdot D_n(d)}{0{,}95}$$

siendo:

M_{fod} = Consumo diario de fuel = 95,02 t/d

D_n = Duración de la navegación = 25,62 días

y suponiendo una densidad de 0,950 T/m^3. Con estos valores se obtiene:

V = 24,35 m^3

Se dispondrá un tanque de 27 m^3 de volumen neto debajo de la cámara de purificadoras.

7.2.1.5-. Bomba de lodos

Para el dimensionamiento de esta bomba se considerará que ha de ser capaz de vaciar el tanque de lodos en aproximadamente dos horas. Así pues, sus características principales serán las siguientes:

Unidades instaladas: 1

Unidades en servicio: 1

Tipo: Tornillo accionada por motor eléctrico

Caudal: 73,04 / 2 = 36,52 m^3/h

Presión de descarga: 3,5 bares

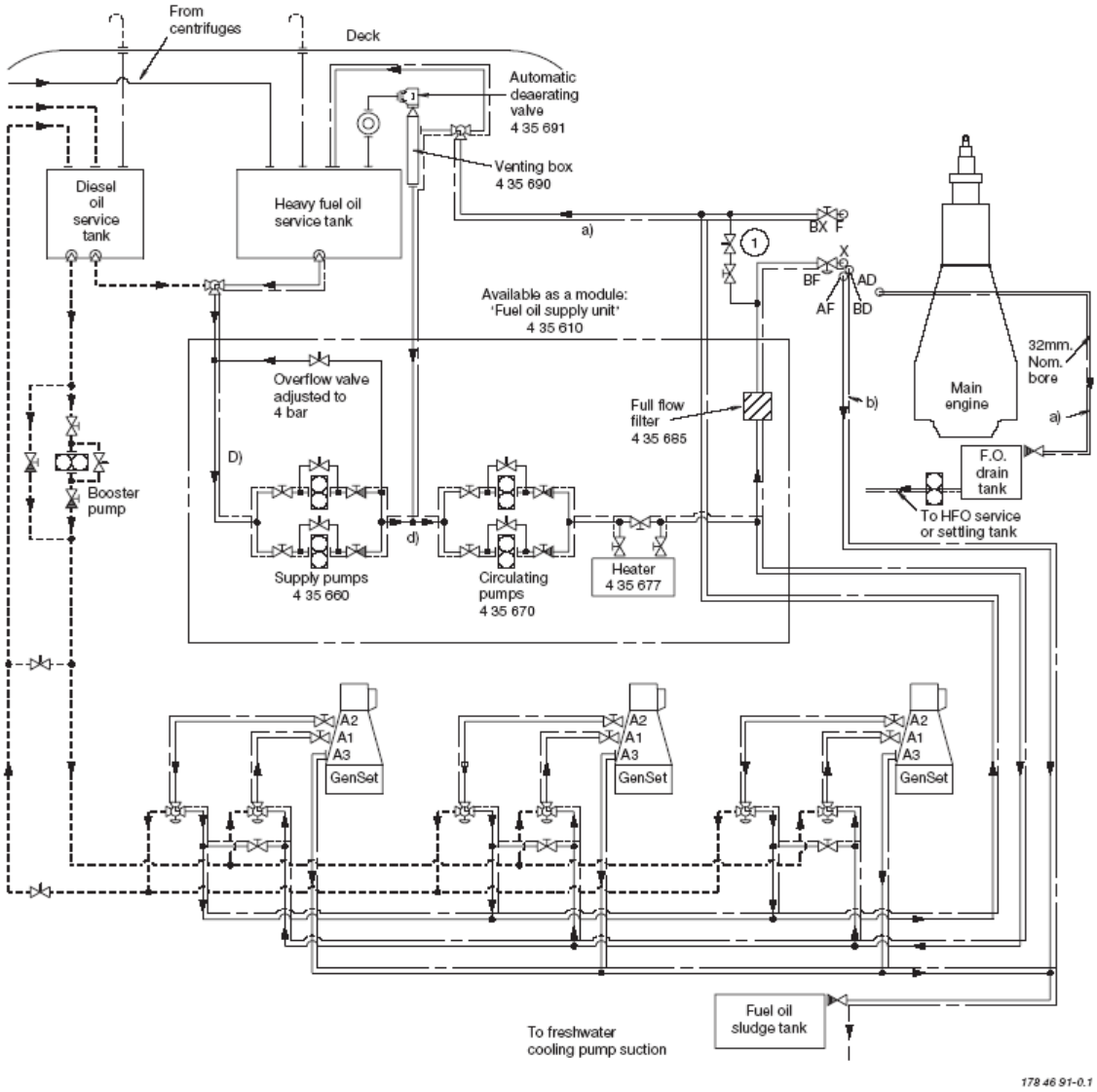
Densidad del fluido: 950 kg/m^3

Potencia: 14,6 Kw

7.3-. SISTEMA PRESURIZADO DE COMBUSTIBLE

7.3.1-. Descripción del sistema de alimentación

Los combustibles pesados que actualmente se encuentran en el mercado tienen viscosidades que oscilan entre los 600 y 700 cSt a 50 ºC, lo que obliga a temperaturas de calentamiento, para obtener la viscosidad requerida a la entrada del motor, del orden 150 ºC. Esto obliga a presurizar el combustible para que no se produzca ni evaporación del posible contenido de agua ni gasificación de alguna de las fracciones en caso de que el combustible fuera procedente de mezcla de combustibles residuales con productos de destilación. La presión habrá de mantenerse no sólo en la entrada del motor sino también en la tubería de recirculación o retorno, pues en ella el combustible tiene ya la temperatura final. El sistema de alimentación está dividido en dos sectores, uno de baja presión a 4 bares y otro de alta con una presión a la salida de las bombas de unos 10 bares. A continuación se muestra un esquema de este sistema que es común al motor principal y a los auxiliares, y que está diseñado para operar tanto con fuel oil como con diesel oil.



Desde los tanques de servicio diario el combustible entra en el circuito de baja presión y es impulsado por las bombas de suministro a una presión mínima de 4 bares hacia el circuito de circulación de alta presión. El caudal de las bombas de suministro será ligeramente superior al máximo consumo de los motores. El exceso de fuel es recirculado a través de un by-pass hacia la aspiración de las bombas. Esta tubería de recirculación está dotada de una

válvula de regulación, cuyo objeto es mantener la presión constante en la entrada del circuito de alta, independientemente del consumo de los motores.

Ya en el circuito de alta presión, las bombas de circulación elevan la presión del combustible desde los 4 bares los que se encuentra en sector de baja, hasta una presión de 10 bares que garantiza que a la entrada de los motores habrá los 8 bares mínimos requeridos. El caudal de las bombas de circulación será de 3 a 4 veces superior al consumo máximo de los motores. El exceso de combustible suministrado se recircula, bien de retorno al tanque de servicio diario, bien hacia la aspiración de las bombas de circulación a través de la unidad de venteo, donde los gases que puedan haberse formado en el seno del fluido son extraídos por medio de una válvula de aireación. Los gases extraídos son enviados al tanque de servicio diario desde el cual son liberados a la atmósfera a través del tubo de aireación que conecta el tanque con la cubierta de intemperie. La presión de alimentación se mantiene al nivel requerido por medio de una válvula calibrada situada en el motor principal.

De la descarga de las bombas de circulación el combustible pasa al calentador de vapor final, y allí se calienta hasta alcanzar la viscosidad requerida a la entrada de los motores. La entrada de vapor en el calentador está gobernada por un dispositivo controlador que mantiene la viscosidad del combustible entre 10 y 15 cSt. Las temperaturas del combustible a la entrada y salida del calentador serán aproximadamente de 100 ºC y 150 ºC, respectivamente. Por último, el combustible, antes de entrar a los motores, pasará por unos filtros calientes finales, cuya misión es la de proteger los componentes del sistema de inyección.

Toda la tubería de combustible estará aislada y acompañada por una línea de vapor. Además, en buques con cámara de máquinas desatendida, es obligatorio que la tubería de alta presión que une bombas de inyección con inyectoras, esté protegida con una tubería doble que evite que, en caso de fugas, el combustible se proyecte al exterior, con el consiguiente riesgo de incendio. El espacio entre ambas tuberías, así como las posibles fugas en las bombas de inyección (son descargadas a un tanque de fugas), no está representado en el esquema, protegido con una alarma por alto nivel.

Para el arranque en frío o para limpiar las tuberías antes de paradas prolongadas, se sitúa, entre el tanque de servicio diario y las bombas de suministro, una válvula de tres vías que permite que el paso de combustible ligero a pesado, o a la inversa, pueda ejecutarse gradualmente. La operación de cambio de combustible, sobre todo la de cambio de combustible pesado a ligero, es delicada, pues si se calienta el combustible ligero puede gasificar y provocar agarradas en bombas e inyectoras. La necesidad de que las válvulas de tres vías sean dobles para cada auxiliar obedece a un ahorro de combustible destilado. El retorno del combustible destilado durante el proceso de cambio está contaminado, por lo que es preferible enviarlo a la aspiración de las bombas de circulación a través de la unidad de venteo. Una vez terminado el proceso de cambio, y con la tubería limpia, es preferible enviar el retorno al tanque de servicio diario de combustible destilado.

Cuando el motor esté parado durante cortos periodos de tiempo, en vez de proceder a la limpieza de tuberías, se mantendrá en funcionamiento una de las bombas de circulación moviendo fuel oil caliente por el sistema. En esta situación no se precisa un grado de viscosidad tan bajo como el requerido para la inyección. Así pues, podrán reducirse las necesidades de vapor hasta alcanzar una viscosidad de unos 30 cSt, lo que equivale a una disminución en la temperatura de calentamiento de unos 20 ºC.

El sistema está diseñado de tal forma que los grupos generadores pueden alimentarse con diesel oil independientemente del combustible que se suministre al motor principal. A tal efecto, se dispone de una línea separada que alimente dichos grupos por medio de una bomba accionada por motor eléctrico, que esté conectada al grupo de emergencia para asegurar el suministro de combustible a los grupos generadores en cualquier situación.

Entre la entrada y salida de combustible del motor principal se instala un by-pass dotado de válvula, con el cometido de aislar el motor del sistema de fuel cuando sea preciso efectuar alguna reparación en él.

7.3.2-. Elementos integrantes del sistema de alimentación

Todos los elementos de este sistema se dimensionarán considerando el caso extremo de operación simultánea del motor principal y 3 de los auxiliares. Esta situación es la que se produce durante las maniobras de entrada y salida de puerto.

7.3.2.1-. Bombas de suministro de combustible

Unidades instaladas: 2

Unidades en servicio: 1

Tipo: Tornillo accionada por motor eléctrico

Caudal: 6,8 m^3/h

Presión de descarga: 4 bares

Densidad del fluido: 991 kg/m^3

Potencia: 3,3 Kw

7.3.2.2-. Bomba de suministro de combustible (puerto)

Para las estancias en puerto se dispone de una bomba que suministra el combustible necesario para la operación de los tres auxiliares.

Unidades instaladas: 1

Unidades en servicio: 1

Tipo: Tornillo accionada por motor eléctrico

Caudal: 0,8 m^3/h

Presión de descarga: 4 bares

Densidad del fluido: 991 Kg/m^3

Potencia: 0,38 Kw

7.3.2.3-. Bombas de circulación

Unidades instaladas: 2

Unidades en servicio: 1

Tipo: Tornillo accionada por motor eléctrico

Caudal: 12 m^3/h

Presión de descarga: 10 bares. Incrementa la presión en 6 bares

Densidad del fluido: 991 kg/m^3

Potencia: 8,7 Kw

7.3.2.4-. Precalentador de fuel oil

Este es el calentador en el sistema de alta presión. Tenemos que tener en cuenta los necesidades del motor principal y de tres auxiliares según los fabricantes (290 + 3·18 = 344), pero al ser un dato óptimo dado por el fabricante consideramos el valor que obtenemos del cálculo de vapor del cuadernillo 10, es decir 361 Kw.

Calor trasmitido al fuel oil: 361 Kw

Presión manométrica de trabajo: 10 bares

Temperatura de entrada del fuel oil: 118,2 ºC (es la temperatura media del combustible, después de mezclar el combustible que sale del tanque de servicio diario y del recirculado, ver cuadernillo 10)

Temperatura de salida del fuel oil: 150 ºC

Presión absoluta del vapor saturado: 7 bares

8-. SISTEMAS DE LUBRICACION Y REFRIGERACION POR ACEITE

8.1-. MOTOR PRINCIPAL

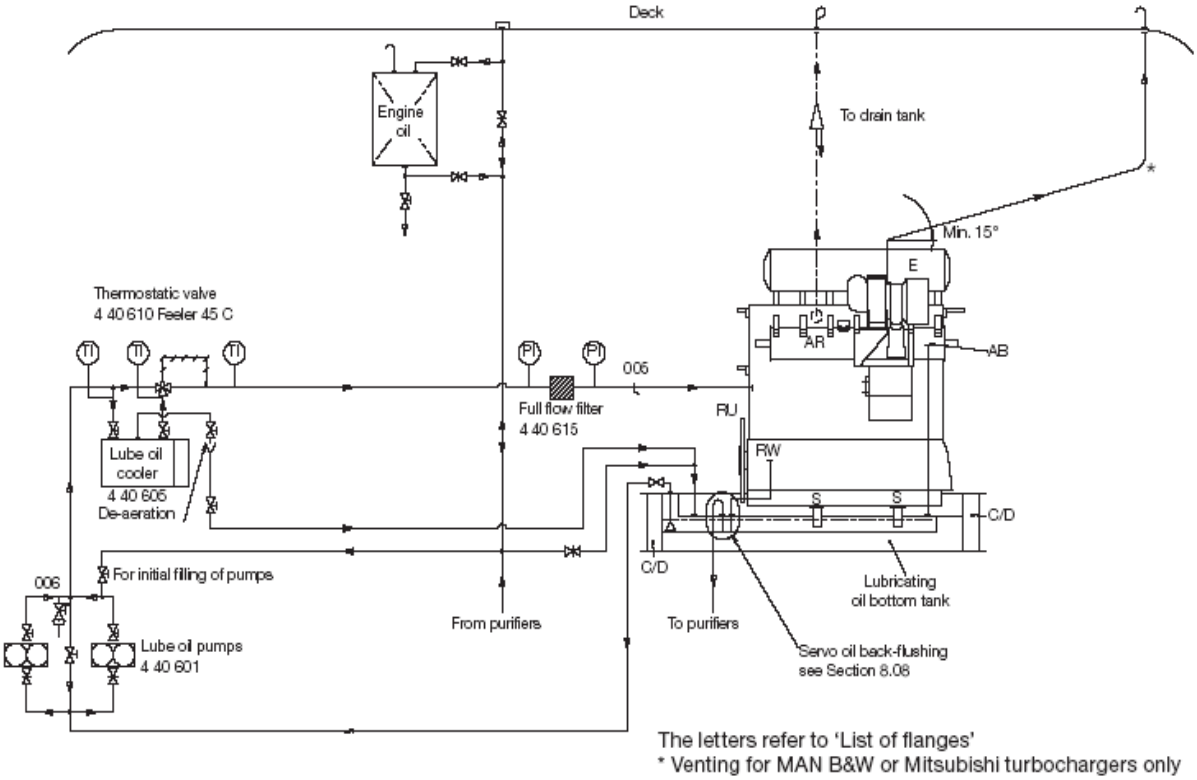
En los motores de dos tiempos de cruceta el espacio del cilindro está completamente separado del espacio del cárter hasta el punto de que el vástago del pistón, única zona por donde ambos espacios pudieran comunicarse, está rodeado por una torre de empaquetados y aros rascadores. La lubricación de ambos espacios está encomendada a dos subsistemas diferentes que reciben el nombre de sistema de lubricación de camisas y sistema de lubricación de cárter o cojinetes. Ambos sistemas utilizan diferentes aceites y tienen diferentes misiones por lo que se tratarán separadamente.

Pasaremos a continuación a explicar cada uno de ellos:

8.1.1-. Sistema de lubricación de cárter ó cojinetes

Tiene como misiones:

- Reducción de la fricción entre los elementos en rozamiento.
- Eliminación del calor producido por la fricción.
- Protección antioxidante de los elementos de acero no recubiertos.
- Refrigeración de los pistones.



El aceite se almacena en un tanque de doble fondo situado inmediatamente debajo del motor principal. La descarga desde el cárter del motor al tanque de servicio del doble fondo se realiza por gravedad. De este tanque aspiran las bombas de aceite, una de servicio y otra de respeto, a través del filtro de aspiración. El aceite es enviado por las bombas hacia enfriador. En este circuito la variable a mantener es la temperatura a la entrada al motor por lo que se situará un sensor de temperatura a la entrada del motor. Este sensor da una señal a la válvula automática de tres vías, que, permitiendo el by-pass de mayor o menor flujo de aceite del enfriador, mantendrá la temperatura a la entrada del

motor a unos 45 ºC. A la salida del enfriador el flujo de aceite pasa por un filtro dúplex, y, a continuación, se distribuye entre dos ramas diferentes. La primera de ellas, rama principal, llevará el aceite para la lubricación de los cojinetes de crucetas, cigüeñal y bielas, así como para la refrigeración de pistones y de las turbosoplantes. La otra rama toma de la principal y, aumentando la presión mediante bombas, sirve a la lubricación del eje de levas y de las válvulas de exhaustación neumáticas. Una vez lubricadas las diferentes partes del motor, el aceite baja por gravedad al cárter y de aquí pasa al tanque del doble fondo del que, de nuevo, es aspirado por las bombas cerrándose así el ciclo.

El aceite de este esquema se utiliza, como se ha dicho, para la refrigeración de pistones. Dicha refrigeración se realiza proyectando el aceite contra la superficie interior de la cabeza del pistón y, por tanto, el aceite estará sujeto a altas temperaturas. Por ello, el aceite debe tener buena estabilidad térmica y oxidante, y un cierto grado de poder dispersante para prevenir la formación de depósitos sobre las superficies calientes del sistema.

El aceite recomendado por el fabricante del motor es un aceite ligeramente aditivado con viscosidad SAE 30, detergente y con una ligera alcalinidad con un TBN de entre 5 y 10 (TBN ≡ Total Basic Number).

Aun estando completamente separado el cárter de la zona de combustión del motor, el aceite está sujeto a otro tipo de contaminaciones que pueden deteriorar sus condiciones. La contaminación de agua es la más peligrosa, no sólo por la oxidación que puede producir, sino porque últimamente se han dado casos de aparición de flora bacteriana que puede acabar con el aceite en periodos cortos de tiempo. Por todo esto será preciso purificar el aceite en una centrífuga trabajando como purificadora. El aceite se precalentará a una temperatura del orden de los 80 ó 90 ºC antes de enviarlo a la purificadora, y es recomendable que el volumen total del sistema pase entre 2 y 2,5 veces por la centrífuga cada día.

A continuación pasaremos a describir los elementos que integran el sistema de lubricación de cárter, así como sus características más relevantes.

8.1.1.1-. Tanques de aceite

En primer lugar tenemos el tanque de servicio o de retorno que es un tanque estructural que se sitúa en el doble fondo, inmediatamente debajo del motor. La capacidad neta de este tanque será de 23,6 m^3.

Además del tanque de aceite del MP se dispondrán otros dos tanques, uno de aceite recuperable y otro de aceite sucio. El tanque de aceite sucio servirá para en caso de efectuar una renovación total, por contaminación grave del aceite, tener donde almacenarlo. Para ello es necesario disponer de una bomba de trasiego que puede ser utilizada para alimentar a la purificadora. El tanque de aceite sucio debe tener comunicación con la purificadora pues, en ocasiones, una carga contaminada puede ser recuperada con un lavado en la purificadora. La capacidad neta de cada uno de estos tanques considerando un grado de llenado del 98%, es de 32 m^3.

8.1.1.2-. Purificadora centrífuga de aceite

Para buques con cámara de máquinas desatendida es obligatorio el uso de una purificadora centrífuga autolimpiante. La capacidad nominal de la centrífuga se estimará, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del motor, en 0,136 l/kW·h. Para el cálculo se empleará la potencia máxima continua (MCR) nominal del motor. El flujo de aceite a tratar será pues:

$$Caudal = 0{,}136 \cdot 19.712 = 2.607 l/h$$

Esto supone que el volumen total de aceite del sistema (32 m^3), pasará 2,5 veces por la purificadora cada día.

Se dispondrá de una purificadora autolimpiante con una capacidad de 2.650 l/h y 13,4 Kw de potencia eléctrica. La temperatura de precalentamiento del aceite recomendada por el fabricante es de 90º C.

8.1.1.3-. Bombas de circulación de aceite

Unidades instaladas: 2

Unidades en servicio: 1

Tipo: Centrífuga, accionada por motor eléctrico

Caudal: 400 m^3/h

Presión de descarga: 4,3 bares

Densidad del fluido: 870 kg/m^3

Potencia: 119,9 Kw

8.1.1.4-. Bombas de aceite para eje de levas y válvulas de exhaustación

Unidades instaladas: 2

Unidades en servicio: 1

Tipo: Centrífuga, accionada por motor eléctrico

Caudal: 12,5 m^3/h

Presión de descarga: 4 bares

Densidad del fluido: 870 kg/m^3

Potencia: 3,1 Kw

8.1.1.5-. Bomba de trasiego de aceite

Las bombas de trasiego de aceite serán dos, una de servicio y otra de respeto. La de respeto se utilizará para la alimentación de la purificadora, siendo esta última función la que definirá la capacidad de estas bombas. Ver siguiente apartado.

8.1.1.6-. Bomba de alimentación de la purificadora de aceite

Como ya hemos indicado, se empleará para este servicio la bomba de trasiego de aceite de respeto.

Unidades instaladas: 1

Unidades en servicio: 1

Tipo: Tornillo, accionada por motor eléctrico

Caudal: 3,4 m^3/h

Presión de descarga: 4,5 bares

Densidad del fluido: 870 kg/m^3

Potencia: 0,9 Kw

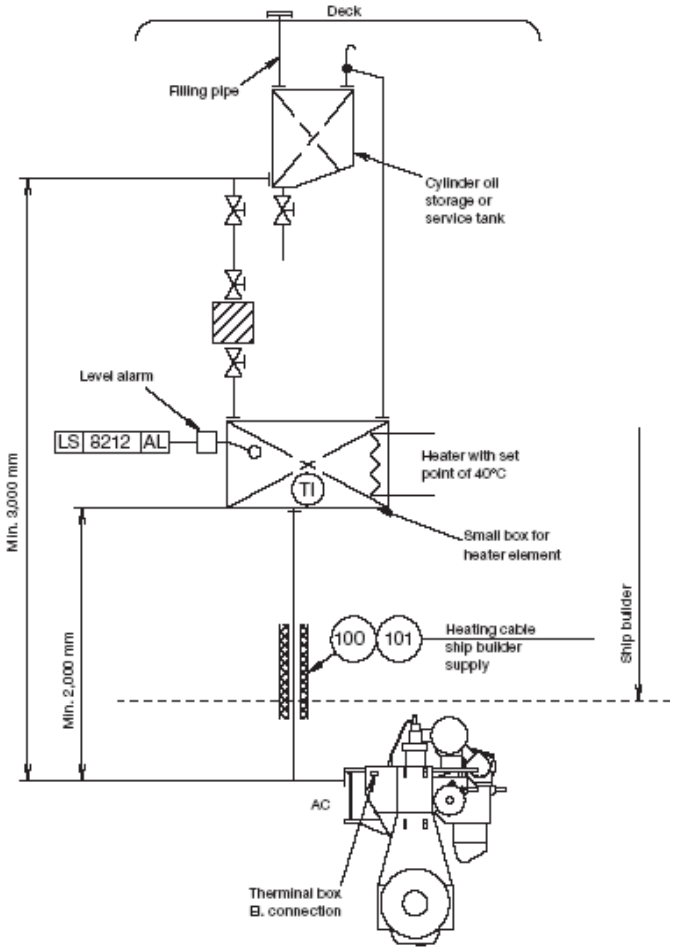
8.1.2-. Sistema de lubricación de camisas

Su misión es:

- Reducir la fricción y desgaste entre aros y camisas.
- Colaborar en la estanqueidad entre aros y pistones.
- Proteger las camisas de la corrosión en frío.

Siguiendo las recomendaciones del fabricante, el aceite de cilindros tendrá un grado de viscosidad SAE 50 y un nivel de alcalinidad 70 TBN cuando se queme fuel pesado con contenidos de azufre entre el 1% y el 5%. Sin embargo, algunos aceites de elevada alcalinidad pueden resultar incompatibles con combustibles de bajo contenido en azufre (empobreciendo las propiedades de combustión), o con algunos diesel oil. En consecuencia, se recomienda el cambio a un aceite de inferior alcalinidad (10 - 20 TBN) cuando se prevea la operación con diesel oil durante un periodo superior a las 10 horas.

En el siguiente esquema podemos ver el circuito de aceite de lubricación de camisas:



El tanque almacén se sitúa en la cámara de máquinas y deberá tener una capacidad de acuerdo con la autonomía del buque. Para el caso de que en alguna ocasión el contenido en azufre del combustible fuera netamente inferior al habitual, se tendrá la precaución de almacenar a bordo bidones con aceite de un TBN correspondiente a combustibles de contenidos inferiores al 1% de azufre.

El tanque de servicio de aceite de camisas se dispone en la zona alta de la cámara de máquinas de forma que el aceite fluya por gravedad hasta el motor. Para no tener que cambiar el aceite en caso de una navegación temporal con combustibles destilados o para el caso del rodaje de una camisa nueva, es conveniente disponer junto al tanque de servicio una ménsula capaz de soportar un bidón y una bajada suplementaria hasta el motor con su correspondiente valvulería (no representado en el esquema). Para el trasiego desde el tanque almacén hasta el tanque de servicio se dispondrá de una pequeña bomba.

La distribución del aceite en el motor desde la entrada hasta las cánulas de suministro está integrada en el equipo del motor.

A continuación se presentan las características más relevantes de los elementos que integran el sistema de lubricación de camisas.

8.1.2.1-. Tanque almacén

Este tanque tendrá una capacidad suficiente para almacenar el aceite consumido por el motor principal durante las 25,62 días en que se estima la autonomía del buque, más 5 días de reserva.

El consumo de aceite de cilindros a la potencia máxima continua (MCR) nominal del motor está dada por el fabricante del motor como 0,77 g/kW·h; con lo cual tenemos que la masa de aceite a almacenar será:

$$m_{ac} = 0{,}00077 kg/kW \cdot h \cdot 19172 kW \cdot (25{,}62 + 5) dias \cdot 24 h/dia = 10.849 kg$$

Considerando que un 3% de la masa total contenida en el tanque no es aspirable y una densidad del aceite de 920 kg/m^3, el volumen de aceite a almacenar será:

$$V_{ac} = \frac{10.849 kg}{0{,}97 \cdot 920 kg/m^3} = 12{,}16 m^3$$

Se dispondrá en la cámara de máquinas de un tanque con capacidad neta de 13 m^3 de aceite de cilindros para el motor principal.

8.1.2.2-. Tanque de servicio

La capacidad de este tanque será la necesaria para satisfacer el consumo de aceite del motor principal durante dos días, como mínimo. Por tanto, considerando un grado de llenado del 98%, el volumen de este tanque habrá de ser como mínimo:

$$V_{ac} = \frac{0{,}00077 kg/kW \cdot k \cdot 19.172 kW \cdot 48 h}{0{,}98 \cdot 920 kg/m^3} = 0{,}79 m^3$$

Para asegurar el suministro por gravedad, el fabricante recomienda una altura mínima de 3.000 mm de la descarga del tanque sobre el punto de entrada

en el motor a los lubricadores de camisas. Se dispondrá un tanque de servicio de 1 m^3 de capacidad neta.

8.1.2.3-. Bomba de trasiego

Unidades instaladas: 1

Unidades en servicio: 1

Tipo: Tornillo, accionada por motor eléctrico

Caudal: 0,47 m^3/h

Presión de descarga: 15 m.c.a.

Densidad del fluido: 870 kg/m^3

Potencia: 0,1 Kw

8.2-. MOTORES AUXILIARES

En los motores auxiliares, por ser de émbolo buzo, el espacio de los cilindros y el espacio del cárter están comunicados por lo que no existen circuitos diferenciados de lubricación como ocurría en el motor principal. Las funciones que debe cumplir el aceite lubricante son las siguientes:

- Reducción de los rozamientos y desgastes.
- Refrigeración de los componentes.
- Sellado entre aros de pistón y camisas.
- Prevención de corrosiones a alta y baja temperatura.

Los motores auxiliares son de cárter húmedo, esto es, carecen de tanque de retorno. Cada uno de los motores tiene su propio sistema de lubricación y viene equipado con:

- Bomba de circulación de aceite movida por el propio motor.
- Enfriador de aceite lubricante.
- Válvula termostática para control de la temperatura del aceite.
- Filtro dúplex de aceite.

Por consumir fuel oil pesado, la contaminación del aceite del cárter será muy elevada, lo que hace imprescindible una purificación continua del mismo.

A continuación se presentan las características más relevantes de los elementos que integran el sistema de lubricación de los motores auxiliares.

8.2.1.1-. Tanques almacén

Se dispondrán dos tanques almacén que tendrán, considerando un grado de llenado del 98%, una capacidad individual de 17 m^3.

8.2.1.2-. Purificadora centrífuga

Siguiendo las recomendaciones del fabricante de los motores auxiliares, en instalaciones de 3 motores se debe instalar una purificadora de aceite. La capacidad de ésta, siguiendo las recomendaciones del fabricante será:

V (l/h) = 1,2 ....1,5 P (Kw)

Y considerando un tiempo de separación de 23 horas al día, con un coeficiente medio de 1,4 y con tres auxiliares en funcionamiento (condición máxima de puerto):

$$V = 1{,}4 \cdot 3 \cdot 705 = 2.961 l/h$$

Para satisfacer esto se instalará una purificadora de 3.000 l/h. Esto supone que el volumen total de aceite del sistema (17 m^3), pasará entre 4 y 5 veces por la purificadora cada día, según lo recomendado por el fabricante del motor. El consumo eléctrico de cada purificadora será de 2,4 Kw.

8.2.1.3-. Bombas de alimentación de las purificadoras

Unidades instaladas: 1

Unidades en servicio: 1

Tipo: Tornillo, accionada por motor eléctrico

Caudal: 3,2 m^3/h

Presión de descarga: 5 bares

Densidad del fluido: 920 kg/m^3

Potencia: 1,7 Kw

8.2.1.4-. Tanque de recirculación de aceite de la purificadora

Este tanque tiene una capacidad de 3,6 m^3 y su misión es la de recibir el aceite lubricante de los auxiliares que es recirculado para evitar su paso por la centrifugadora con objeto de que el caudal que llegue a ésta se mantenga constante, condición necesaria para mantener la constancia de la temperatura de separación en la purificadora.

8.3-. OTROS ELEMENTOS COMUNES DE LOS SISTEMAS DE ACEITE

8.3.1-. Tanque de derrames de aceite

Este tanque reúne todos los derrames de aceite producidos en los diversos circuitos y recogidos en las bandejas de los equipos. Está situado en el doble fondo de la cámara de máquinas y su capacidad neta es de 23,6 m^3.

8.3.2-. Tanque de aguas aceitosas

En este tanque se recogen los lodos y residuos de hidrocarburos que proceden del separador de sentinas, para ser conducidos, posteriormente, al incinerador. Está situado en el doble fondo de la cámara de máquinas y su capacidad neta es de 16,1 m^3.

9-. SISTEMA DE REFRIGERACION CENTRALIZADO

Se dispondrá un sistema de refrigeración centralizado constituido por tres circuitos:

- Circuito de agua salada.
- Circuito cerrado de agua dulce de baja temperatura (circuito de enfriamiento centralizado).
- Circuito cerrado de agua dulce de alta temperatura para refrigeración de camisas del motor principal.

Éste sistema se caracteriza por tener solamente un intercambiador de calor central refrigerado por agua de mar, mientras que el resto de los intercambiadores están refrigerados por el circuito de agua dulce de baja temperatura.

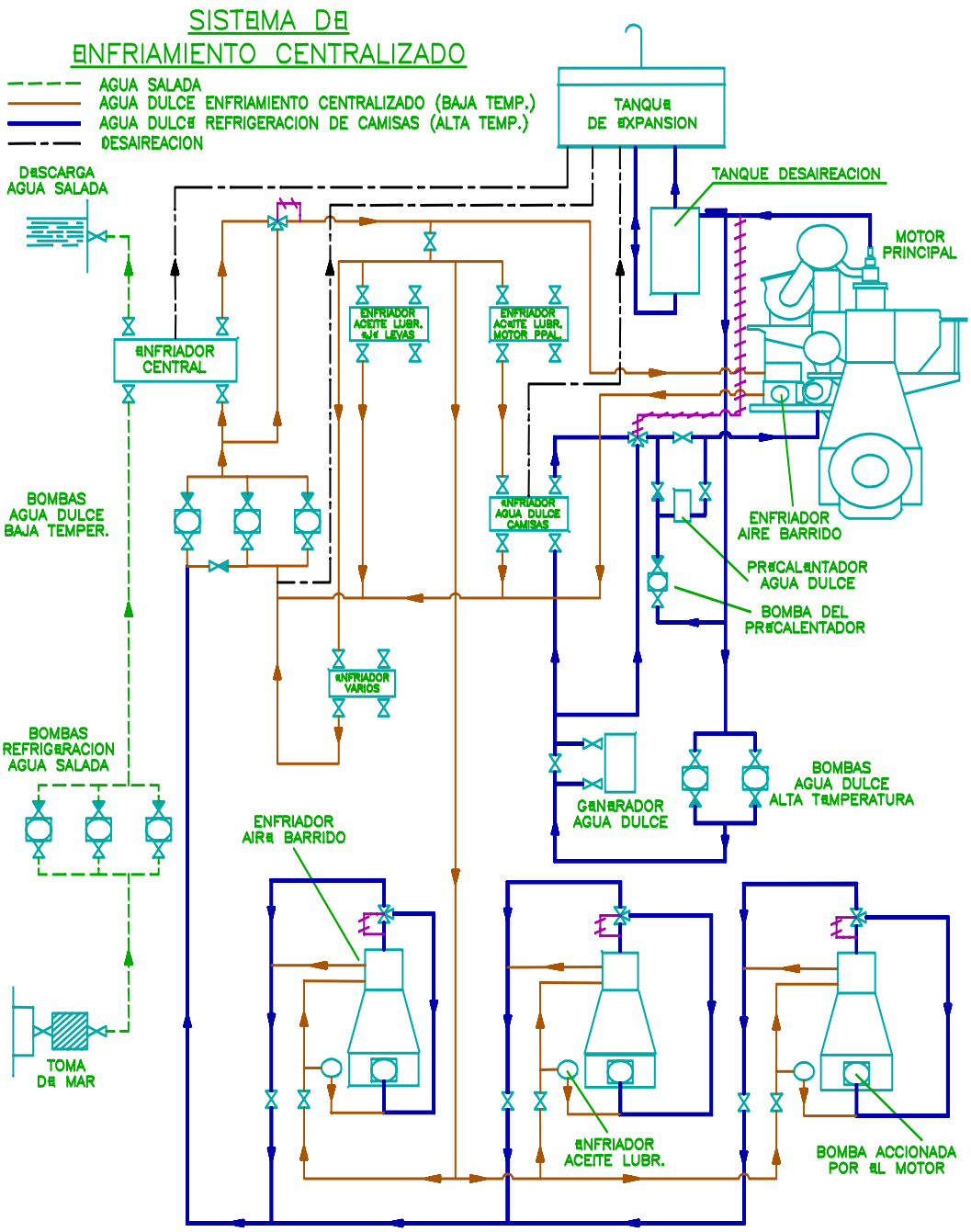
Se ha elegido este sistema por las ventajas que supone frente al convencional de refrigeración directa por agua salada, y que pueden sintetizarse en las dos siguientes:

— Reducción de la extensión del circuito de agua salada: se requiere una menor cantidad de tubería y accesorios fabricados de material resistente a la corrosión, cuyo coste es más elevado.

— Todos los intercambiadores de calor, salvo el central, utilizan agua dulce y, en consecuencia, su coste y mantenimiento son también inferiores.

Las reducciones de costes en la instalación del circuito de agua salada y en el mantenimiento general del sistema compensan la importante inversión inicial que requiere el enfriador central y el grupo de bombas adicional que exige el circuito de agua dulce de baja temperatura.

En la siguiente figura puede observarse un esquema del sistema de refrigeración centralizado donde se muestra la ubicación de los distintos elementos que lo componen:



Las bombas del circuito de agua salada impulsan el agua de mar a través del enfriador central, aspirándola de las tomas de mar y descargándola posteriormente por un costado del buque. En el enfriador central el agua salada extrae calor del agua dulce del circuito de baja temperatura. Este agua, circulando a través de los correspondientes enfriadores impulsada por las bombas del circuito cerrado de enfriamiento centralizado, es el fluido refrigerante del aceite lubricante y del agua de camisas del motor principal, del aceite y cilindros de los

motores auxiliares, del aire de barrido de todos ellos y de otros componentes de la cámara de máquinas, como son: compresores de aire, condensador de vapor, instalación de aire acondicionado, refrigerador de gambuza frigorífica, chumaceras y bocina. En este circuito de agua dulce de baja temperatura se instalará una válvula termostática de tres vías que controlará que la temperatura del agua no sea inferior a 10 ºC.

El motor principal dispone de un circuito independiente para refrigeración de camisas, dotado de dos bombas con capacidad para enfriar el motor a plena carga. Este es el circuito de agua dulce de alta temperatura en el que el agua caliente que ha refrigerado los cilindros, circula a través del generador de agua dulce, se enfría en el intercambiador de agua de camisas y vuelve a entrar en el motor. Una válvula termostática de tres vías se encarga de mantener la temperatura del agua de refrigeración a la salida del motor a 80 ºC, mezclando agua enfriada con otra sin refrigerar que no ha pasado por el enfriador de agua de camisas. A la entrada del motor se instala en bypass un precalentador del agua, alimentado con vapor, para asegurar que los elementos del motor están a temperatura de funcionamiento en el momento del arranque (50 ºC mínimo). Dado que el caudal necesario durante el calentamiento es netamente inferior al de refrigeración, se instala para este propósito una pequeña bomba en paralelo.

La refrigeración de los motores auxiliares se lleva a cabo con agua dulce del circuito de refrigeración centralizado. El sistema de refrigeración de estos motores consta de dos circuitos, uno para refrigerar el aceite y las camisas del motor, y el otro para refrigerar el aire de barrido. El circuito que refrigera las camisas del motor posee una válvula termostática de tres vías que asegura una temperatura constante de 80 ºC a la salida de cada motor.

Los dos circuitos de agua dulce (de alta y baja temperatura) tienen conexión con un tanque de expansión encargado de compensar la diferencia en el volumen de agua causada por los cambios en la temperatura y reponer pérdidas en los circuitos. Asimismo, se instala un tanque de desaireación bajo el de expansión, con objeto de prevenir la acumulación de aire, vapores o gases en el sistema.

9.1-. CIRCUITO DE AGUA DULCE DE BAJA TEMPERATURA (ENFRIAMIENTO CENTRALIZADO)

Todos los elementos de este circuito (bombas y enfriadores) se dimensionarán considerando el caso extremo de operación simultánea del motor principal y los tres auxiliares que se produce durante las maniobras punta de puerto.

9.2-. BOMBAS DE AGUA DULCE DE BAJA TEMPERATURA

Se instalarán 3 unidades, y cada una tendrá una capacidad del 60% del total; es decir:

$$Caudal = 0{,}6 \cdot (610 + 3 \cdot 33) = 425 m^3 / h$$

Unidades instaladas: 3

Unidades en servicio: 2

Tipo: Centrífugas accionadas por motor eléctrico

Caudal: 425 m^3/h

Presión de descarga: 2,5 bares

Densidad del fluido: 1.000 kg/m^3

Potencia: 62,7 Kw

9.3-. BOMBA DE AGUA DULCE DE BAJA TEMPERATURA (PUERTO)

Unidades instaladas: 1

Unidades en servicio: 1

Tipo: Centrífuga accionada por motor eléctrico

Caudal: 66 m^3/h (funcionamiento de 3 auxiliares)

Presión de descarga: 2,5 bares

Densidad del fluido: 1.000 kg/m^3

Potencia: 13 Kw

9.4-. ENFRIADOR DE ACEITE LUBRICANTE DEL MOTOR PRINCIPAL

El enfriador puede ser indistintamente de haz tubular o de placas. En el primer caso, tanto si es refrigerado por agua dulce como por agua salada, el haz tubular deberá ser de materiales no férreos. Para el lado de aceite, es decir, para la envolvente, será suficiente acero al carbono sin ningún tipo de recubrimiento interior. En el caso de optar por un enfriador de placas, éstas deberán ser de material inoxidable. Las sociedades de clasificación no exigen enfriador de respeto pero es conveniente su instalación.

Caudal de aceite: 521 m^3/h

Calor a disipar: 1.860 Kw

Temperatura del aceite a la salida del enfriador: 45 ºC

Presión manométrica en el lado del aceite: 4,3 bares

Caudal de agua de enfriamiento: 254 m^3/h

Temperatura de entrada del agua (dulce): 36 ºC

9.5-. ENFRIADOR DE AGUA DE CAMISAS DEL MOTOR PRINCIPAL

Calor a disipar: 3.600 Kw

Unidades instaladas: 1 de 3.650 Kw

Tipo: Placas

Caudal de agua refrigerante: 254 m^3/h

Temperatura del refrigerante a la entrada: 43 ºC

Caudal de agua de camisas: 205 m^3/h

Temperatura del agua de camisas a la entrada: 80 ºC

9.6-. ENFRIADORES DEL AIRE DE BARRIDO DE LOS MOTORES AUXILIARES

Calor a disipar: 249 Kw

Tipo: Integrado en el motor

Temperatura del refrigerante a la entrada: 38 ºC

Estos valores se exponen para cada motor.

9.7-. ENFRIADOR DEL AIRE DE BARRIDO DEL MOTOR PRINCIPAL

Calor a disipar: 10.160 Kw

Tipo: Integrado en el motor

Caudal de agua refrigerante: 348 m^3/h

Temperatura del refrigerante a la entrada: 36 ºC

9.8-. ENFRIADORES DE ACEITE LUBRICANTE DE LOS MOTORES AUXILIARES

Calor a disipar: 80 Kw

Tipo: Placas, integrado en el motor

Caudal de agua refrigerante: 4,7 m^3/h

Temperatura del agua a la entrada: 38 ºC

Caudal de aceite: 23 m^3/h

Temperatura del aceite a la entrada: 65 ºC

Estos valores se exponen para cada motor.

9.9-. CIRCUITO DE AGUA DULCE DE ALTA TEMPERATURA (REFRIGERACIÓN DE CAMISAS DEL MOTOR PRINCIPAL)

9.9.1-. Bombas de agua dulce de alta temperatura

Unidades instaladas: 2

Unidades en servicio: 1

Tipo: Centrífugas accionadas por motor eléctrico

Caudal: 205 m^3/h

Presión de descarga: 3 bares

Densidad del fluido: 1.000 kg/m^3

Potencia: 49,35 Kw

9.9.2-. Bomba de precalentamiento de agua dulce

Unidades instaladas: 1

Unidades en servicio: 1

Tipo: Centrífuga accionada por motor eléctrico

Caudal: 10 m^3/h

Presión de descarga: 1 bar

Densidad del fluido: 1.000 kg/m^3

Potencia: 0,8 Kw

9.9.3-. Tanque de desaireación

Su misión es la de evitar la acumulación de gases y vapores en el circuito de agua dulce de refrigeración de camisas del motor principal. Se dispondrá un tanque de 0,7 m^3.

9.10-. CIRCUITO DE AGUA SALADA

Al igual que en el caso del circuito de enfriamiento centralizado, los elementos del circuito de agua salada también se dimensionarán teniendo en cuenta el caso extremo de operación simultánea del motor principal y los tres motores auxiliares.

9.10.1-. Bombas de agua salada

De todos los circuitos refrigerados por el sistema centralizado los circuitos de refrigeración de agua de camisas y de aire de barrido pueden representar el 90% de las necesidades totales. Las necesidades de refrigeración de ambos circuitos son proporcionales a la carga de los motores y ésta se mantiene prácticamente constante durante la navegación. Es decir, no habrá grandes variaciones en el flujo de calor transmitido en el enfriador central. Sin embargo, la temperatura del agua de mar puede ser varios grados inferior a la de proyecto con lo que el salto térmico entre el circuito de agua dulce y el de agua salada puede incrementar significativamente su valor, e incluso llegar a duplicarse. Por todo esto, es conveniente disponer la planta de bombeo de forma que pueda adaptarse a las distintas necesidades. A tal efecto, se dispondrán tres bombas de agua salada cada una de ellas con una capacidad unitaria del 60% del total. Teniendo en cuenta que la capacidad total de las bombas de agua salada recomendada por el fabricante del motor es de $770 + 3 \cdot 45 = 905 m^3/h$, las características de estas bombas serán las siguientes:

Unidades instaladas: 3

Unidades en servicio: 2

Tipo: Centrífugas accionadas por motor eléctrico

Caudal: 543 m^3/h

Presión de descarga: 2,5 bares

Densidad del fluido: 1.025 kg/m^3

Potencia: 49,57 Kw

9.10.2-. Enfriadores centrales

El calor a disipar en el enfriador central se estima sumando las cargas térmicas de los enfriadores anteriormente especificados, obteniéndose $15.640 + 3 \cdot 534 = 17.242 kW$ en el supuesto de que tres de los auxiliares estén en funcionamiento. Esta cifra se incrementará en un 15% para considerar la refrigeración de una serie de elementos tales como: condensador de vapor, condensador del equipo frigorífico de la gambuza, condensador de la unidad de aire acondicionado y enfriadores de los compresores de aire. Así pues:

Calor a disipar: 19.828 Kw

Unidades instaladas: 2, en paralelo, de 10.000 Kw

Tipo: Placas

Caudal de agua salada refrigerante: 2·543 = 1.086 m^3/h

Temperatura del agua salada a la entrada: 32 ºC

Caudal de agua dulce del circuito de baja: 2·425 = 850 m^3/h

Temperatura del agua dulce a la salida: 36 ºC

9.11-. OTROS ELEMENTOS DEL SISTEMA

9.11.1-. Tanque de expansión

Su misión, como ya se indicó, es la reponer las pérdidas de agua dulce en los circuitos de baja y alta temperatura, compensar las variaciones de volumen debidas a cambios de temperatura y garantizar, con su carga estática, que en ningún momento la presión en el sistema sea inferior a la atmosférica, lo cual podría producir la evaporación del agua y la inmediata pérdida de refrigeración en los diferentes enfriadores. Se dispondrá un tanque de 1,3 m^3 de capacidad.

9.11.2-. Tanque de agua destilada

La misión de este tanque es la de almacenar el agua producida por el generador de agua dulce y destinada, tras su correspondiente tratamiento, a compensar las pérdidas que pudieran producirse en los distintos circuitos que utilizan agua dulce. Su capacidad neta es de 92 m^3.

9.11.3-. Bomba de agua destilada del motor principal

Unidades instaladas: 1

Unidades en servicio: 1

Tipo: Centrífuga accionada por motor eléctrico

Caudal: 2 m^3/h

Presión de descarga: 2 bares

Densidad del fluido: 1.000 kg/m^3

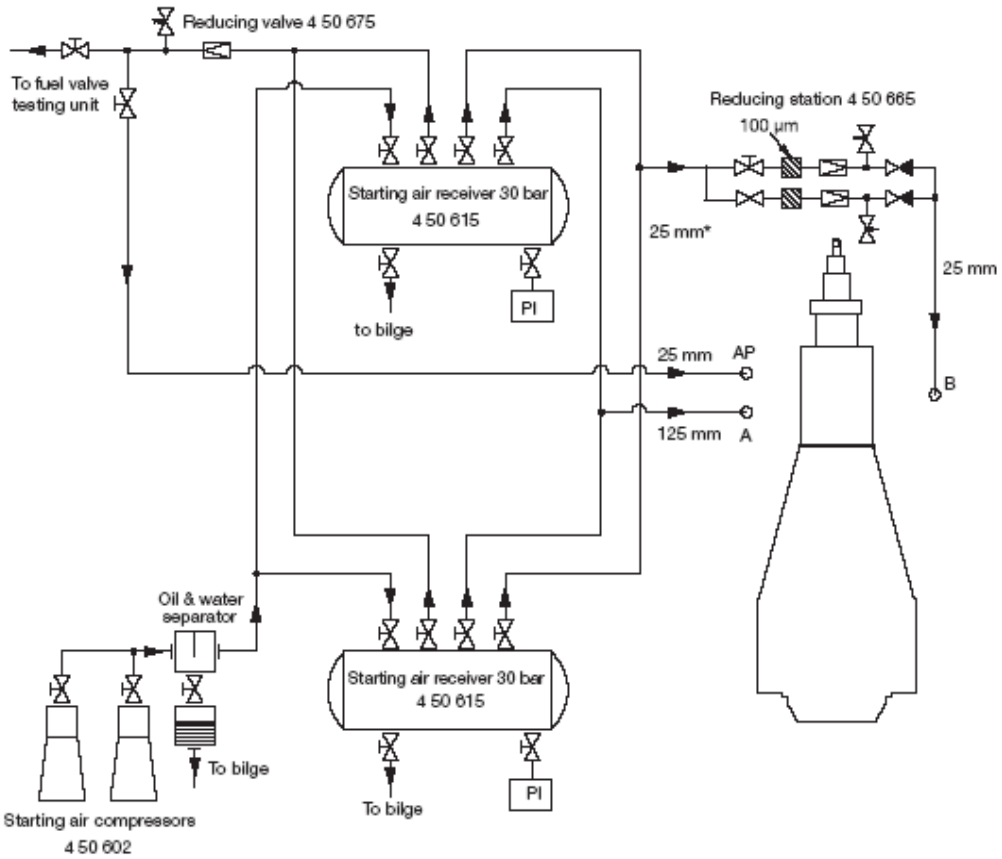
Potencia: 0,31 Kw

10-. SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO

La totalidad de los motores marinos con potencias superiores aproximadamente a los 400 BHP se arrancan con aire comprimido, de ahí la necesidad de instalar un sistema de aire comprimido a bordo. Este sistema exige la existencia no sólo de compresores sino de botellas que acumulen el aire para permitir durante las maniobras arrancadas sucesivas. Una vez establecida la necesidad de este sistema, han ido surgiendo usos adicionales para el aire comprimido tales como el control y actuación de instrumentos, accionamiento de herramientas de mano, limpieza, sirenas, etc.

Este servicio proporciona aire a 30 bar de presión para el arranque del motor principal y de los auxiliares (aunque estos tendrán también un sistema a 10 bares específico para ellos) y a 8 bar para satisfacer las necesidades de elementos incorporados al motor principal, tales como el cierre neumático de la válvula de escape, el sistema de maniobra, los mecanismos de parada de emergencia, etc., y de otros elementos no relacionados con los motores, como son herramientas neumáticas, mecanismos de control, accionamiento de válvulas, tifón, etc.

En el esquema de la página siguiente se muestra la red de distribución así como los distintos elementos que componen el sistema de aire comprimido de nuestro buque:



El sistema está constituido por dos compresores que descargan aire a 30 bares indistintamente a cualquiera de las dos botellas principales. Los compresores son de dos etapas con refrigeración intermedia y en la descarga disponen de un purgador para la eliminación de agua de condensación y restos de aceite. Las botellas principales disponen de válvulas separadas para cada uno de los servicios y de una válvula de seguridad tarada a una presión ligeramente superior a la de servicio. La descarga de las válvulas de seguridad se llevará a cubierta para evitar que en caso de incendio, y aun después de haber sofocado el fuego con CO_2, la temperatura generada pueda hacer saltar las seguridades y reiniciarse el incendio. También se dispondrán purgadores para la eliminación del agua que pudiera condensarse en el interior de las botellas.

El arranque del motor principal se lleva a cabo mediante aire a 30 bar suministrado directamente desde las botellas principales. Dicho aire comprimido entrará a través de la válvula automática de arranque, accionada desde los mandos del motor. A través de una estación reductora se obtiene aire a 10 bares para limpieza de las soplantes y para la válvula calibrada que controla la presión de entrada del combustible al motor principal. De forma análoga se obtendrá aire a 7 bares para el accionamiento neumático de las válvulas de exhaustación y de los mecanismos de parada de seguridad del motor principal.

El aire necesario para el arranque y el accionamiento de los sistemas de seguridad y control de los motores auxiliares, es suministrado directamente desde las mismas botellas que alimentan al motor principal y, alternativamente, desde la botella de auxiliares. La presión requerida por los motores auxiliares es de 10 bar para lo cual se dispondrá una estación reductora en la rama que va de las botellas principales a los auxiliares. Para el relleno de la botella de auxiliares se dispone un compresor que suministra aire a 10 bares. En caso de “buque muerto” este compresor podrá ser accionado por el grupo de emergencia, permitiendo así arrancar los motores auxiliares. La botella de auxiliares también tendrá comunicación con las botellas principales a través de una estación reductora.

Por último, se instalará un sistema de baja presión compuesto por una botella a 7 bar alimentada por un compresor a esta presión y, alternativamente, desde las botellas principales a través de una estación reductora. Este sistema suministrará aire comprimido para el accionamiento neumático de válvulas de exhaustación y de los mecanismos de parada de seguridad del motor y para todos los restantes servicios del buque no relacionados con el motor principal y los auxiliares.

Tanto la botella de auxiliares como la de servicios dispondrán de válvulas de seguridad y purgadores de características idénticas a las descritas para las botellas principales.

A continuación se muestran las capacidades necesarias de las distintas botellas y compresores descritos anteriormente.

10.1-. BOTELLAS PRINCIPALES

De acuerdo con el fabricante del motor, se instalarán dos unidades teniendo cada una de ellas capacidad suficiente para efectuar doce arranques sin necesidad de rellenar la botella. Su volumen será pues de 7 m^3 y la presión del aire en su interior será de 30 bares.

10.2-. COMPRESORES PRINCIPALES

Se instalarán dos unidades, cada uno de ellos con capacidad para elevar la presión de una de las botellas principales hasta 30 bares en una hora. En consecuencia, la capacidad mínima de un compresor, expresada en m^3, será la de una botella multiplicada por 30, esto es, 210 m^3. Las unidades instaladas tienen las siguientes características:

Unidades instaladas: 2

Unidades en servicio: 1

Caudal: 210 m^3/h

Presión manométrica de diseño: 30 bares

Potencia: 39,6 Kw

10.3-. BOTELLA DE AIRE DE MOTORES AUXILIARES

Para el arranque de emergencia de los motores auxiliares se dispone una botella de 500 litros de capacidad a 10 bar, que es alimentada por el compresor de emergencia y, alternativamente, desde las botellas principales a través de una estación reductora.

10.4-. BOTELLA DE AIRE DE SERVICIO

Tendrá una capacidad de 4 m^3 y 7 bares de presión.

10.5-. COMPRESOR DE AIRE DE SERVICIO

Unidades instaladas: 1

Unidades en servicio: 1

Caudal: 15 m^3/h

Presión manométrica de diseño: 7 bares

Potencia: 1,69 Kw

10.6-. COMPRESOR DE AIRE DE EMERGENCIA Y RELLENO

Unidades instaladas: 1

Unidades en servicio: 1

Caudal: 30 m^3/h

Presión manométrica de diseño: 10 bares

Potencia: 3,21 Kw

11-. SERVICIO DE VAPOR INSTALADO

A pesar de tratarse de un buque polivalente para el transporte de containers, carga general, bobinas de papel y acero, las necesidades de calefacción, tanto del combustible, como de los espacios habitados a bordo, hacen necesaria la instalación de un sistema de producción y distribución de vapor. Las necesidades de vapor para calefacción de combustible son muy importantes debido a la utilización de un fuel residual de elevada viscosidad.

El vapor es tan necesario en navegación como en los periodos previos al arranque del motor en los que éste está funcionando con diesel; en estos periodos hay que empezar a calentarlo y a preparar el combustible pesado para que pueda ser inyectado en el motor, siendo la energía de los gases de escape es insuficiente. Por eso, hay que considerar la instalación de una caldera de mecheros, aunque también cabría la posibilidad de utilizar una caldera de tipo mixto, o el montaje de una caldera de gases que funcione durante la navegación

y una de mecheros que atienda las necesidades en puerto. Al final del balance de vapor, cuando sepamos que necesidades tenemos y cuanta energía podemos obtener de los gases de escape, será cuando nos decantemos por uno u otro montaje.

Para la instalación de vapor se adopta una presión en el servicio de vapor de 7 kg/cm^2 y el tipo de vapor que se produce es saturado seco. Se adopta esta presión, ya que una presión mayor, aunque tiene el beneficio de que produce un mayor salto entálpico, obliga a una instalación mucho más cara. Por otro lado, no se debe emplear una presión menor en el circuito ya que en caso de picadura de un serpentín podría contaminarse el sistema con la entrada de combustible, lo cual daría lugar a problemas de corrosión.

Vamos a suponer que el vapor llega a los diferentes consumidores con una caída de presión de 0,5 kg/cm2.

11.1-. DESCRIPCION GENERAL DEL SERVICIO

La tubería de vapor que sale de la caldera tiene cuatro ramificaciones que se describen a continuación:

- La primera, conduce a los servicios de vapor dispuestos en la acomodación, tales como aire acondicionado, cocina o lavandería.
- La segunda, lleva el vapor a la mayoría de los tanques y calentadores de fuel, aceite y agua: Tanques almacén, tanques de servicio diario y de sedimentación, calentadores de purificadoras, tanques de lodos y aguas aceitosas, separador de sentinas, etc.
- En la tercera, el vapor pasa por una válvula reductora de presión, obteniéndose vapor a 3,5 kg/cm^2, para el calentador sanitario, el tanque de mezclas de fuel-oil, la calefacción de tuberías de fuel oil, las tomas de mar, etc.

— Por último, se dispone una cuarta tubería que, provista de una válvula tarada, puede llevar el vapor en exceso directamente al tanque de observación.

Las purgas de todo el servicio de vapor son recogidas en el tanque de observación, a excepción de aquellas que, procedentes de tanques o calentadores de agua, no tienen la posibilidad de que estén contaminadas por fuel o aceite. Estas últimas se llevan directamente al tanque de alimentación de las bombas de caldera.

11.2-. NECESIDADES DE VAPOR A BORDO

Para calcular el vapor necesario para calefacción de tanques hay que considerar por una parte, el calor necesario para elevar la temperatura desde un valor inicial a otro al que se pretende que se produzca el bombeo del líquido contenido en el interior de dicho tanque, y por otro, el calor de mantenimiento necesario para poder asegurar la temperatura de bombeo y que debe, por tanto, compensar las pérdidas de calor que se produzcan en el tanque.

A continuación se presenta una lista con los consumidores de vapor:

— Calefacción de tanques de combustible

— Unidades de aire acondicionado

— Servicios domésticos

— Calentador sanitario de agua dulce

— Calentadores de purificadoras de aceite

— Acompañamiento de tuberías de alimentación de combustible del motor principal

— Calentadores de combustible del motor principal

— Separador de sentinas

— Tanques de lodos, reboses y aguas aceitosas

— Servicio de limpieza con vapor

— Precalentador motor principal

11.3-. CALEFACCIÓN TANQUES

La expresión empleada para evaluar el calor, expresado en Kcal, que hay que aportar a un tanque para hacer que la temperatura de su contenido aumente tiene en cuenta:

— La capacidad del tanque, V, en m^3

— Calor específico, c, del líquido contenido en Kcal/(kg·ºC)

— Peso específico, ρ, en kg/m^3

— Incremento de temperatura que hay que lograr, $\Delta T = T_f - T_i$, en ºC

$$Q = V \cdot \rho \cdot c \cdot (T_f - T_i)\ \text{kcal}$$

Este calentamiento normalmente se precisará en un tiempo determinado, t horas, y suponemos que solo aprovechamos el calor de condensación del vapor, r, en Kcal/kg, por lo que la cantidad de vapor necesaria queda fijada por la expresión:

$$q_v = \frac{Q}{r \cdot t}\ \text{kg}_{\text{vapor}} / hora$$

Donde el valor de r, calor latente de vaporización para vapor saturado seco, a 6,5 kg/cm^2 es de 494,2 Kcal/kg.

11.4-. NECESIDADES DE VAPOR EN CALENTADORES

En el caso de que se quiera dimensionar un calentador, se empleará la misma expresión que en el calentamiento de tanques pero en lugar de un volumen se tendrá en cuenta un caudal en m^3/h por lo que Q vendrá directamente en Kcal/h.

11.5-. PÉRDIDAS DE CALOR EN TANQUES

Las pérdidas de calor en tanques se producen por transmisión a través de las paredes que los delimitan. Para su cálculo hay que tener en cuenta:

— Situación del tanque en el buque. No tendrá las mismas pérdidas un tanque cuyos mamparos den todos a cámara de máquinas que uno de doble fondo que está permanentemente refrigerado por agua de mar.

— Número de cerramientos del tanque, ya que en cada uno de ellos la pérdida de calor será diferente al tener condiciones externas distintas.

La expresión que se emplea es:

$$Q = \sum K_i \cdot S_i \cdot (Tm - Te_i)$$

Donde: K_i es el coeficiente de transmisión de calor de cada cerramiento del tanque en Kcal/(m^2·ºC·h)

S_i es la superficie de cada cerramiento

$Tm = \dfrac{T_{\substack{\text{final}\\ \text{tanque}}} - T_{\substack{inicial\\ \text{tan}que}}}{2}$ se considera como la temperatura media entre la inicial y la final cuando se calculen pérdidas en un tanque durante el calentamiento, y como la temperatura del fluido interno del tanque cuando se calculan pérdidas durante el mantenimiento

T_{ei} es la temperatura exterior a cada cerramiento

Los valores del coeficiente K y de T_i que adoptamos son los siguientes:

Medio en contacto	K (Kcal/kgºC)	T_i (ºC)
Acomodación	5	15
Carga	5	10
Tanque vacío / Cofferdam	5	10
Cámara de máquinas	4	20
Aire	5	0
Agua de lastre	5	5
Agua de mar	8	5

En cuanto a los pesos específicos se considerarán los de las siguientes sustancias:

	Temperatura (ºC)	Peso específico (kg/m^3)
Fuel oil HFO-700	5	990
	15	980
	40	960
	60	950
	80	940
	98	930
	135	900
	150	890
Aceite SAE 30		910
Aceite SAE50		970
Diesel oil		850
Agua de mar		1.026
Agua dulce		1.000

En cuanto a los calores específicos se tomarán los siguiente valores en Kcal/(kg·ºC):

Fuel oil	0,45
Diesel oil	0,45
Aceite	0,45
Lodos	0,60
Aguas aceitosas	0,50
Agua de mar	0,96
Agua dulce	1,00
Aire	0,24
Gases de escape	0,25

Una vez definidas todas las variables, pasamos al cálculo del vapor necesario para cada uno de los elementos.

11.6-. CALEFACCIÓN DE LOS TANQUES ALMACÉN DE HFO

Todos los tanques de combustible pesado deben llevar su correspondiente serpentín de calefacción para poder elevar su temperatura hasta los 38 ºC, que es la temperatura mínima para su bombeo al tanque de sedimentación.

Para demostrar cómo hemos estimado las necesidades de vapor, tomaremos el Tanque Almacén de F.O. bajo B como ejemplo, y los demás seguirán el mismo patrón. Suponemos una temperatura inicial del fuel de 5 ºC.

Solo tenemos en cuenta este tanque ya que mientras en el haya combustible será con el que vamos rellenando los tanques de sedimentación y servicio diario y por tanto sólo estaremos manteniendo la temperatura en este tanque sin comenzar a calentar otro hasta que sea necesario.

Volumen:	264,283 m^3
Densidad media:	944 kg/m^3
Calor específico:	0,45 Kcal/(kg·ºC)
Temperatura inicial:	5 ºC
Temperatura final:	38 ºC

$$Q_1 = 264{,}283 \cdot 944 \cdot 0{,}45 \cdot (38-5) = 3.704.824{,}81\,\text{kcal}$$

Para el calentamiento de este tanque se considera un tiempo de 24 horas, lo que supone un consumo de vapor de:

$$q_v = \frac{3.704.824{,}81}{24 \cdot 494{,}2} = 312{,}36\ \text{kg}_{\text{vapor}} / h$$

Las pérdidas de calor durante el calentamiento son:

Dirección	Medio externo	T_{ext} (ºC)	Área (m^2)	$T_{ext} - T_{med}$ (ºC)	K (Kcal/h·m^2·ºC)	Pérdidas (Kcal/h)
Proa	Carga	10	49,63	11,5	5	2.853,73
Popa	Cám. máquinas	20	37,95	1,5	4	227,70
Estribor	Fuel oil	5	40,90	16,5	5	3.374,25
Babor	Cofferdam	10	59,08	11,5	5	2.931,35
Cubierta	Fuel oil	5	49,92	16,5	5	4.118,40
Fondo	Agua de lastre	5	19,06	16,5	5	1.572,45
					TOTAL	**15.077,88**

Considerando que el vapor utilizado está a 6,5 kg/cm^2.

$$Q_2 = \frac{15.077{,}88}{494{,}2} = 30{,}51 kg_v / h$$

El caudal de vapor necesario será la suma de los necesarios para elevar la temperatura y para subsanar las pérdidas durante dicho calentamiento, por lo tanto:

$$Q_{\tan que \cdot bajoB} = 312{,}16 + 30{,}51 = 342{,}67\ \text{kg}_{\text{v}}/\text{h}$$

11.7-. CALEFACCIÓN DE TANQUES DE SEDIMENTACIÓN DE HFO

Los dos tanques de sedimentación dispuestos en la segunda plataforma de la cámara de máquinas, llevan su correspondiente serpentín de calefacción, con objeto de que el combustible que llega del tanque almacén con una temperatura de aproximadamente 38 ºC pueda ser calentado hasta los 80 ºC, temperatura en la que se favorece la sedimentación de los residuos que lleva el combustible.

Para el balance tenemos en cuenta uno de los dos, que son iguales:

Volumen:	55,46 m^3
Densidad media:	944 kg/m^3
Calor específico:	0,45 Kcal/(kg·ºC)
Temperatura inicial:	38 ºC
Temperatura final:	80 ºC

Y seguimos el mismo procedimiento que con el tanque almacén, aunque aquí, el tiempo de calentamiento es de 12 horas.

11.8-. CALEFACCIÓN TANQUES DE SERVICIO DIARIO DE HFO

El fuel oil se extrae del tanque de sedimentación, se pasa por los precalentadores de combustible, donde se le eleva la temperatura del mismo hasta los 100 ºC, y se hace pasar por las purificadoras desde las cuales es bombeado al tanque de servicio diario. En este tanque no será calentado, sino que se le mantendrá a una temperatura de 100 ºC, para lo cual el tanque se aislará térmicamente. El coeficiente de transmisión de los mamparos aislados se considerará que es de 2 $Kcal/h·m^2·ºC$, como ya se indicó.

11.9-. CALEFACCIÓN TANQUE DE MEZCLAS

Este tanque es aquel en el que se mezclan el combustible procedente del tanque de servicio diario con el retorno de combustible procedente de las inyectoras y que no ha sido introducido en el motor.

Dispone de un serpentín de calefacción que aporta vapor únicamente durante el arranque, ya que durante el servicio, la mezcla de combustibles a diferentes temperaturas y el dimensionado del calentador de combustible del motor propulsor, hace que no sea necesario calentar este tanque.

El serpentín de éste tanque se pone en marcha para calentar el combustible pesado de modo que llegue a la temperatura que me exige el fabricante del motor a la entrada de su calentador de combustible de los motores

Las sociedades de clasificación recomiendan que la capacidad de este tanque sea la suficiente para que el motor principal funcione durante 20 minutos luego:

$$C = \frac{Consumo_{MP}}{\rho \cdot t}$$

Donde: Q_{MP} = consumo del motor propulsor, en nuestro caso es 3217,06 kg/h

ρ = densidad del HFO, 944 kg/m^3

t = tiempo empleado para el calentamiento, 20 minutos

$$C = \frac{3217{,}06}{944} \cdot \frac{1}{3} = 1{,}14 m^3$$

Por tanto las necesidades de calor de este tanque son:

$$Q = C \cdot \rho \cdot c_e \cdot (T_f - T_i)$$

Donde: T_f es la temperatura final a alcanzar en el tanque de mezclas. Es de 100 ºC, según exigencias del fabricante del motor.

T_i es la temperatura inicial en el tanque que como hemos dicho que las necesidades de calor en este tanque son solo en el arranque vamos a estimar que el tanque tuviese una temperatura inicial la existente en cámara de máquinas 20 ºC

$$Q = 0{,}5 \cdot 944 \cdot 0{,}45 \cdot (100 - 20) = 16.992 kcal$$

Para atender estas necesidades con vapor a 6,5 kg/cm^2 de presión necesitamos un flujo de vapor de:

$$Q_{vapor} = \frac{16.992}{494{,}2} = 34{,}4 kg_v / h$$

11.10-. CALENTADOR DE COMBUSTIBLE DE MOTORES

El calentador de combustible está dimensionado según el fabricante para que circulen por él 8 m3/h de combustible que debe aumentar su temperatura de 100 ºC a los 135 ºC mínimos que exige el fabricante como temperatura de entrada del combustible al motor. Luego la energía en forma de calor que se debe aportar en el calentador es de:

$$Q = C \cdot \rho \cdot ce \cdot (Tf - Ti)$$

Donde: C es el caudal de alimentación del motor propulsor y los auxiliares en funcionamiento durante la navegación, 8 m3/h.

ρ es la densidad del combustible que está circulando por el calentador en este momento, 900 kg/m3.

T_f, temperatura final, son 135 ºC

T_i, temperatura inicial, son 100ºC

$$Q = 8 \cdot 900 \cdot 0{,}45 \cdot (135 - 100) = 113.400 kcal$$

Y las necesidades de vapor para aportar tal energía son:

$$Q_{vapor} = \frac{113.400}{494{,}2} = 229{,}5 kg_v / h$$

11.11-. CALEFACCION TANQUES HFO Y DO DE CALDERA DE MECHEROS

Para el funcionamiento de la caldera de mecheros se han dispuesto dos tanques de alimentación de combustible, uno de fuel oil y otro de diesel para los arranques en frío, de capacidades 20 y 2 m^3 respectivamente. Considerando que dichos tanques son paralelepipédicos, la superficie aproximada será: 55 m^2 para el de fuel oil 9,5 m^2 para el de diesel. Se considera una k de 4 y una temperatura exterior de 20 ºC, las pérdidas en cada uno los tanques será respectivamente:

	FUEL OIL
Superficie (m^2)	55
Coeficiente de transmisión	4
Ti (ºC)	80
Tf (ºC)	20
Q_{vapor} (kg_v/h)	26,7

con:

$$Q_{vapor} = \frac{S \cdot k \cdot (T_f - T_i)}{r} = kg_v / h$$

11.12-. AIRE ACONDICIONADO

El sistema de acondicionamiento de aire que se ha instalado es, según se puede ver en el cuaderno de equipos, un equipo de alta presión y alta velocidad que para calefacción, lo que hace, es pasar el aire por un intercambiador por donde también circula vapor de tal modo que logra introducir un incremento de temperatura en el aire de tal modo que es capaz de hacerlo pasar desde -5 ºC a 22 ºC, estas son las temperaturas de diseño.

El caudal de vapor necesario puede considerarse definido por la siguiente expresión:

$$Q = \frac{N \cdot C \cdot \delta \cdot c \cdot (Te - Ts)}{r} kg / h$$

Donde: Q es el caudal de vapor necesario en kg_v/h

N es el número de tripulantes que en nuestro caso es de 30

C es el caudal de aire a renovar en m^3/(h·tripulante), se suele tomar entre 36 y 43, dependiendo del tipo de local que sea, uno que necesite mucha ventilación se elige 43, ejemplo cocina, gimnasio, etc. Elegimos para hacer el balance una renovación media de 40 m^3/h·persona

δ es el peso específico del aire, 1,029 kg/m^3

c es el calor específico del aire, 0,81 Kcal/(kg·ºC)

Te-Ts: es la diferencia de temperatura del aire en el enfriador en ºC; es decir, 22-(-5) ºC

r es el calor latente de vaporización en Kcal/kg que debido a que en este servicio empleamos vapor a 3,5 kg/cm^2 su valor es de 510 Kcal/kg

Sustituyendo los valores anteriores se obtiene que la unidad central de calefacción tiene una demanda de vapor de:

$$Q = \frac{30 \cdot 40 \cdot 1{,}029 \cdot 0{,}81 \cdot (22-(-5))}{510} = 53{,}0 kg_v / h$$

11.13-. SERVCIOS DOMESTICOS

Se puede estimar el consumo de vapor en función del número de tripulantes:

$$Q = 0{,}3 \cdot n^o\, tripulantes = 9{,}0 kg_v / h$$

11.14-. CALENTADOR SANITARIO AGUA DULCE

El caudal de vapor de alimentación al calentador sanitario será:

$$Q = \frac{C \cdot \delta \cdot c \cdot (T1 - T2)}{r}$$

Donde: C es la cantidad de agua caliente consumida, que en nuestro caso es de 3.400 l/h

δ es el peso específico del agua, 1 kg/l

C es el calor específico del agua 1 Kcal/kg·ºC

T_1 es la temperatura de entrada de agua en el calentador, y es 20 ºC

T_2 es la temperatura de salida del agua del calentador, 60 ºC

r es nuevamente el calor latente de vaporización del vapor a 3,5 kg/cm^2, que es de 510 Kcal/kg

luego:

$$Q = \frac{3.400 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (60 - 20)}{510} = 266{,}7 kg_v / h$$

11.15-. CALENTADORES DE PURIFICADORAS DE ACEITE

El caudal necesario de vapor para suministrar el calor que necesita el aceite para alcanzar la temperatura óptima de entrada a la purificadora se estima del mismo modo que se hizo con el calentador de combustible de los motores; es decir, en función del caudal de aceite a calentar y de las temperaturas de entrada y salida del aceite del calentador.

Se estima que la temperatura óptima para la purificación del aceite es de 90 ºC. Con objeto de poder calentar el aceite cuando el motor haya estado parado un cierto tiempo y la temperatura del tanque de aceite de retorno haya descendido hasta unos 5 ºC, ya que dicho tanque está en el doble fondo refrigerado por el mar, se estima un primer caso de funcionamiento de este calentador.

$$Q = \frac{C \cdot \delta \cdot c \cdot (Tf - Ti)}{r}$$

Donde: T_i = 5 ºC

T_f = 90 ºC

C = Caudal de la purificadora, 5.100l/h

δ = peso específico del aceite, 929 kg/m^3

c = Calor específico del aceite, 0,45 Kcal/kg·ºC

$$Q = \frac{5{,}1 \cdot 920 \cdot 0{,}45 \cdot (90 - 5)}{494{,}2} = 363{,}15 kg_v / h$$

En condiciones normales de funcionamiento del motor propulsor se puede estimar una temperatura del aceite de retorno de unos 55 ºC, por lo que el caudal de vapor necesario para el calentamiento hasta los 90 ºC es:

$$Q = \frac{5{,}1 \cdot 920 \cdot 0{,}45 \cdot (90 - 45)}{494{,}2} = 192{,}25 kg_v / h$$

11.16-. CALENTADORES DE PURIFICADORAS DE HFO

Nuevamente el proceso de cálculo es como el del resto de calentadores anteriormente citados. Hay que elevar la temperatura de 85 ºC, que es la temperatura que tiene el combustible a la salida del tanque de sedimentación, hasta los 98 ºC que recomienda el fabricante.

El caudal que maneja la depuradora, se ha dimensionado para atender el funcionamiento en servicio del motor propulsor y un auxiliar, es de 3.700 l/h.

Caudal:	3,7 m^3/h
Densidad media:	938,35 kg/m^3
Calor específico:	0,45 Kcal/kg·ºC
T_i:	85 ºC
T_f:	98 ºC
r:	494,2 Kcal/kg

De donde:

$$Q = \frac{3{,}7 \cdot 938{,}5 \cdot 0{,}45 \cdot (98 - 85)}{494{,}2} = 41{,}1 kg_v / h$$

11.17-. CALENTADOR DE LA PURIFICADORA DE DIESEL OIL

Esta purificadora como se mencionó durante su dimensionamiento servirá con las adecuadas modificaciones como reserva de la purificadora de aceite, maneja un caudal de 6.250 l/h y la temperatura idónea según el fabricante para llevar a cabo la depuración es de 40 ºC.

Caudal:	6,25 m^3/h
Densidad media:	850 kg/m^3
Calor específico:	0,45 Kcal/kg·ºC
T_i:	10 ºC
T_f:	40 ºC
r:	494,2 Kcal/kg

Con lo que obtenemos una estimación de las necesidades de vapor de:

$$Q = \frac{6{,}25 \cdot 850 \cdot 0{,}45 \cdot (40-10)}{494{,}2} = 145{,}12 kg_v / h$$

11.18-. ACOMPAÑAMIENTO TUBERÍAS PARA LA ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE DE LOS MOTORES

Esta demanda de vapor, aunque hay que considerarla al hacer la distribución del sistema de vapor del buque, no la consideramos a la hora del dimensionamiento por ser muy pequeña y por lo tanto no afectar en la elección de la caldera.

11.19-. SEPARADOR DE SENTINAS

La cantidad de vapor necesaria para este servicio es despreciable frente al balance total de vapor, lo mismo ocurre con la demanda de vapor para el servicio de limpieza con vapor.

11.20-. CALEFACCION TANQUE LODOS, REBOSES Y AGUAS ACEITOSAS

Para la estimación de las necesidades de vapor de estos tanques hacemos como con los de combustible, es decir, estimamos las necesidades de calor en función del volumen del tanque, la densidad de su contenido, el tiempo empleado para el calentamiento y las temperaturas iniciales y finales que hay que alcanzar. No tenemos en cuenta las pérdidas ya que son tanques de pequeñas dimensiones.

11.20.1-. Tanque de reboses

Su función es recoger los reboses que se producen durante el trasiego de combustible, luego su densidad y calor específico serán aproximadamente los de aquel.

La temperatura inicial de este tanque, que suele vaciarse cada 2 días, es muy baja, al estar en el doble fondo, en torno a 5 ºC y hay que calentar el

contenido hasta la temperatura de bombeo que, como hemos supuesto que el contenido es en su mayor parte combustible, es de 50 ºC

Volumen:	8,39 m^3
Densidad media:	995 kg/m^3
Calor específico:	0,45 Kcal/kg·ºC
Temperatura inicial:	5 ºC
Temperatura final:	50 ºC
r:	494,2 Kcal/kg
Tiempo calentamiento:	4 horas

$$Q = \frac{V \cdot \delta \cdot Ce \cdot (Tf - Ti)}{r \cdot t}$$

$$Q_{vapor} = \frac{8{,}39 \cdot 995 \cdot 0{,}45 \cdot (50-5)}{494{,}2 \cdot 4} = 85{,}52 kg_v / h$$

11.20.2-. Tanque de lodos

En este tanque almacenamos los lodos, (aceite lubricante, agua, combustible, más mezcla de residuos todos ellos procedentes de la depuración). Como los residuos que llegan a éste tanque ya tienen una temperatura considerable, son residuos de la depuración que se hace a unos 90 ºC, podemos tomar una temperatura inicial algo más elevada, de unos 15 ºC, mientras que la temperatura final vuelve a ser nuevamente la de bombeo del combustible 50 ºC. Por último se suele tomar un tiempo de calentamiento relativamente corto, 2 horas, para poder vaciarlo con rapidez y poder continuar con procesos de depuración.

Volumen:	27,3 m^3
Densidad media:	950 kg/m^3
Calor específico:	0,45 Kcal/kg·ºC
Temperatura inicial:	15 ºC
Temperatura final:	50 ºC
r:	494,2 Kcal/kg
Tiempo calentamiento:	2 horas

$$Q = \frac{V \cdot \delta \cdot Ce \cdot (Tf - Ti)}{r \cdot t}$$

$$Q_{vapor} = \frac{27{,}3 \cdot 950 \cdot 0.45 \cdot (50 - 15)}{494{,}2 \cdot 2} = 413{,}3 kg_v / h$$

11.20.3-. Tanque de aguas aceitosas

Este tanque que sirve de reserva al tanque de lodos es un tanque donde se recogen los lodos y residuos procedentes de hidrocarburos procedentes del separador de sentinas para ser conducidos posteriormente al incinerador.

Es un tanque cuyo nombre indica que la mezcla que hay en él es más acuosa, luego no requiere elevar hasta una temperatura tan alta como los anteriores.

Volumen:	16,1 m^3
Densidad media:	950 kg/m^3
Calor específico:	0,5 Kcal/kg·ºC
Temperatura inicial:	5 ºC
Temperatura final:	40 ºC
r:	494,2 Kcal/kg
Tiempo calentamiento:	4 horas

$$Q = \frac{V \cdot \delta \cdot Ce \cdot (Tf - Ti)}{r \cdot t}$$

$$Q_{vapor} = \frac{16{,}1 \cdot 950 \cdot 0.5 \cdot (40 - 5)}{494{,}2 \cdot 4} = 135{,}4 kg_v / h$$

11.21-. PRECALENTADOR DEL MOTOR PROPULSOR

Por recomendaciones del fabricante, el agua en el precalentador tiene que alcanzar los 50 ºC, que es la temperatura recomendada para un correcto precalentamiento del motor antes de su puesta en marcha. Como ya se vio durante su dimensionamiento, el caudal de agua que se emplea en el precalentamiento es de $9m^3/h$, y está a una temperatura aproximada de 15 ºC.

Caudal:	9 m^3/h
Densidad media:	1.000 kg/m^3
Calor específico:	1 Kcal/kg·ºC
T_i:	15 ºC
T_f:	50 ºC
r:	494,2 Kcal/kg

Con lo que obtenemos una estimación de las necesidades de vapor de:

$$Q = \frac{9 \cdot 1.000 \cdot 1 \cdot (50 - 15)}{494,2} = 637,4 kg / h$$

11.22-. BALANCE TERMICO

Una vez analizados los diferentes consumidores, hay que establecer la demanda total que va a tener que satisfacer la planta de vapor, ya que en este momento conocemos todos los consumos de vapor, pero no todos son demandados a la vez, pues algunos pertenecen a sistemas o servicios que no pueden estar funcionando al mismo tiempo en el buque.

Para el dimensionamiento de la planta de vapor se van a considerar dos situaciones, las más relevantes en cuanto al consumo de vapor, que son:

- Navegación normal.
- Estancia en puerto.

Se consideran estas dos únicamente por ser las más representativas de nuestro buque; en buques con una mayor demanda de vapor, por ejemplo, buques cuyo accionamiento de bombas o maquinaria de cubierta sea por medio de vapor, sería conveniente analizar otras posibles situaciones.

En el anexo 2 se presenta una tabla donde se analizan las diferentes situaciones. En dicha tabla se contemplan los diferentes consumidores y el caudal de vapor que demandan, así como un coeficiente k que indica la simultaneidad de consumidores y el régimen de servicio de los que están en marcha; es decir, el coeficiente me determina cuántos consumidores iguales

están funcionando al mismo tiempo y a qué régimen de potencia lo están haciendo.

11.23-. ELECCIÓN DE CALDERA

Si en éste momento recapitulamos, observamos que tenemos una demanda de vapor en navegación de 4.510,83 kg_v/h, y que en puerto es de 2.655,91 kg_v/h. Por otra parte, de los gases de escape no podemos obtener más que 4.055,17 kg_v/h, lo cual nos decide por una caldera de tipo mixto capaz de generar en los mecheros la energía suficiente para hacer frente a las necesidades en puerto y que en navegación aporte 455,66 kg_v/h, la diferencia de vapor entre la que generan los gases y la que es necesaria.

Luego la caldera a instalar es una caldera de tipo mixto capaz de generar en los mecheros 2.700 kg_v/h, con lo cual cubre las necesidades en puerto y en navegación aprovecha de los gases de escape su energía para producir 4.055,17 kg_v/h. Así, en los mecheros solo tenemos que producir 455,66 kg_v/h para así poder hacer frente a las necesidades en navegación.

El consumo de ésta caldera, cuando opera en puerto generando 2.700 kg_v/h, está estimado en 405 kg/h de HFO según el buque base.

11.24-. BOMBA DE AGUA DE ALIMENTACION

Se recomienda un caudal para la bomba de tres veces la producción de vapor para evitar que bajo ninguna circunstancia la caldera se quede sin agua.

$$Q_{bomba} = 3 \cdot 4.510{,}83 = 13.532{,}5 kg/h \approx 13{,}5 m^3/h$$

La presión habrá de ser la suficiente para elevar el agua del tanque almacén de agua dulce de la segunda plataforma a la caldera, que se encuentra sobre la cubierta principal, teniendo que ser la presión final superior a los 7 kg/cm^2 tomaremos por lo tanto una presión 100 m.c.a.

Se instalarán dos bombas centrifugas de suministro de agua a la caldera, una de ellas de reserva de la otra, cuya potencia hidráulica será:

$$P_{hidraúlica} = \frac{13500 \cdot 100}{3600 \cdot 75} = 5CV$$

$$P_{bomba} = \frac{5}{0,6} = 8,3CV$$

$$P_{motor} = \frac{8,3 \cdot 0,736}{0,8} = 7,67kW$$

11.25-. BOMBA DE COMBUSTIBLE

Se instalarán dos bombas de engranajes, una de ellas de reserva de la otra. Dichas bombas tienen la misión de llenar el tanque de servicio de la caldera, que tiene un volumen de 20m^3, por lo que, para que sean capaces de llenarlo en 2 horas, en caso de que se vaciase, hecho que no debe ocurrir salvo en casos de revisión o avería, ya que al disponer de un único tanque para la caldera, la bomba irá controlada por un sensor de nivel de modo que éste nunca sobrepase un mínimo.

$$Q_{bomba} = 10m^3 / h$$

$$P_{bomba} = 10mca$$

$$P_{hidraúlica} = \frac{10 \cdot 10 \cdot 1.000}{3600 \cdot 75} = 0,4CV$$

$$P_{bomba} = \frac{0,4}{0,45} = 0,85CV$$

$$P_{motor} = \frac{0,85 \cdot 0,736}{0,73} = 0,85kW$$

12-. BIBLIOGRAFÍA

— “El proyecto básico del buque mercante”. R. Alvariño, J.J. Azpíroz, M. Meizoso.

ANEXO I:

DATOS DEL MOTOR PRINCIPAL DE MAN B&W

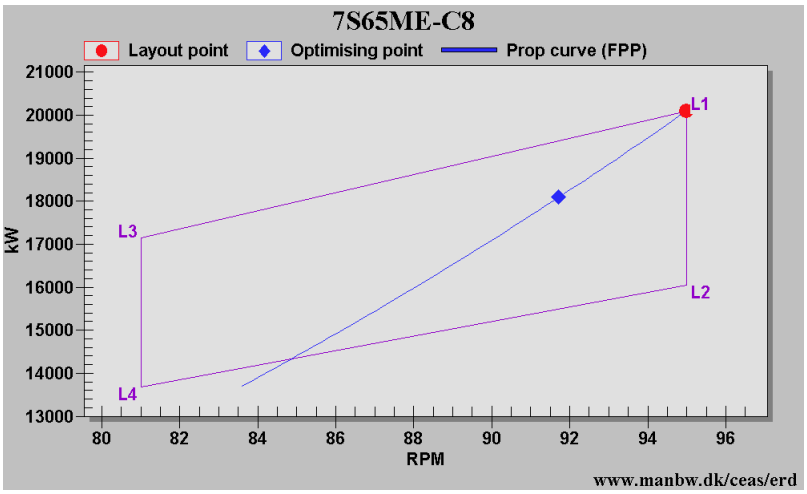
MAN Diesel A/S

Main Engine Room Data

www.manbw.dk/ceas/erd

Main Engine	7S65ME-C8 IMO-NOx compliant
Project name	Campeon
Project type	Multipurpouse Cargo Ship
Project number	
Date	03 07 2007
Yard	
Country	Spain
Made by	Jesus Enrique Terciado
Department	

Specified Main Engine and Ratings



Further reading: www.manbw.com/Papers/Basic_Principles_Of_Ship_Propulsion.pdf p. 20-29

Specified Main Engine and Ratings

Turbocharger/engine version		high eff.t/c
Type of propeller		Fixed pitch
Cylinder oil lubricator type		Alpha ACC (power control)
Sulphur content in fuel	%	3.0

Nominal Maximum Continuous Rating (NMCR)

Nominal engine power	(NMCR)	kW	20,090
Nominal engine speed		r/min	95.0
Mean effective pressure		bar	20.0
Mean piston speed		m/s	8.6

Specified MCR (SMCR)

Engine shaft power	kW	20,090
Engine speed	r/min	95.0
Mean effective pressure	bar	20.0
Mean piston speed	m/s	8.6

Matching point (Opt).

Optimising point	% of SMCR	90.0
Engine shaft power	kW	18,081
Engine speed	r/min	91.7

Normal Continuous Rating (NCR)

Service power	% of SMCR	90.0
Engine shaft power	kW	18,081
Engine speed	r/min	91.7

Ambient reference conditions

ISO Conditions

Scavenge air coolant temperature	°C	25.0
Ambient air temperature	°C	25.0
Barometric pressure	mbar	1,000
Exhaust gas back pressure	mmWC	300

Tropical conditions

Sea water temperature	°C	32.0
Ambient air temperature	°C	45.0
Barometric pressure	mbar	1,000

Specified ambient conditions

Scavenge air coolant temperature	°C	25.0
Ambient air temperature	°C	35.0
Barometric pressure	mbar	1,000

Further reading: www.manbw.com/Papers/Influence_Of_Ambient_Temperature_Conditions.pdf p. 7-11

Expected SFOC, Lube Oil Consumption, Air and Exhaust gas data

Tolerances

Reference LCV of fuel	kJ/kg	42,700
SFOC tolerance (matching point)	%	+/- 5
Exhaust gas amount tolerance	%	+/- 5
Exhaust gas temperature tolerance	°C	-/+ 15

ISO ambient conditions

Specific Fuel Oil Consumption

Nominal Maximum Continuous Rating (NMCR)	g/kWh	169.0
SMCR	g/kWh	170.0
Optimising point	g/kWh	166.6
NCR	g/kWh	166.6

Exhaust Gas Amount

SMCR	kg/h	186,200
Optimising point	kg/h	172,000
NCR	kg/h	172,000

Exhaust Gas Temperature

SMCR	°C	242
Optimising point	°C	234
NCR	°C	234

Air consumption

SMCR	kg/s	50.8
Optimising point	kg/s	46.9
NCR	kg/s	46.9

Tropical ambient conditions

Specific Fuel Oil Consumption

SMCR	g/kWh	172.9
Optimising point	g/kWh	169.5
NCR	g/kWh	169.5

Exhaust Gas Amount

SMCR	kg/h	173,400
Optimising point	kg/h	160,200
NCR	kg/h	160,200

Exhaust Gas Temperature

SMCR	°C	275
Optimising point	°C	266
NCR	°C	266

Air consumption

SMCR	kg/s	47.2
Optimising point	kg/s	43.6
NCR	kg/s	43.6

Specified ambient conditions

Specific Fuel Oil Consumption

SMCR	g/kWh	171.2
Optimising point	g/kWh	167.8
NCR	g/kWh	167.8

Exhaust Gas Amount

SMCR	kg/h	178,600
Optimising point	kg/h	165,000
NCR	kg/h	165,000

Exhaust Gas Temperature

SMCR	°C	258
Optimising point	°C	250
NCR	°C	250

Air consumption

SMCR	kg/s	48.7
Optimising point	kg/s	45.0
NCR	kg/s	45.0

Consumption of Lubrication Oils

System Oil

Consumption per 24 hours	kg/24h	41.9

Cylinder Oil (SLOC)

SMCR	g/kWh	0.77
Optimising point	g/kWh	0.77
NCR	g/kWh	0.77

Necessary Capacities of Auxiliary Machinery (SMCR)

Layout of Systems

Cooling water system		Seawater cooling
Seawater inlet temperature	°C	32.0
Lubricating oil system		
Separate hydraulic control oil system		Yes
Separate turbocharger L.O. system		No

Pumps

Fuel oil circulating pump

Flow capacity	m³/h	8.0
Pump head	bar	6.0

Fuel oil supply pump

Flow capacity	m³/h	5.0
Pump head	bar	4.0

Jacket water pump

Flow capacity	m³/h	165.0
Pump head	bar	3.0

Seawater pump

Flow capacity	m³/h	670.0
Pump head	bar	2.5

Lubricating oil pump

Flow capacity	m³/h	353.0
Pump head	bar	4.4

Hydraulic control oil pump

Flow capacity	m³/h	55.0
Pump head	bar	4.0

Coolers

Scavenge air coolers

Heat dissipation	kW	8,380
Seawater flow	m³/h	436

Lubricating oil cooler

Heat dissipation	kW	1,400
Lubricating oil flow	m³/h	353
Seawater flow	m³/h	210

Hydraulic control oil cooler

Heat dissipation	kW	170
Lubricating oil flow	m³/h	55
Seawater flow	m³/h	24

Jacket water cooler

Heat dissipation	kW	2,910
Jacket water flow	m³/h	165
Seawater flow	m³/h	210

Fuel oil preheater

Heat capacity	kW	210

The pump heads stated are for guidance only, and depend on the actual pressure drop across coolers, filters, etc. in the systems.

Pertaining cooling water flow diagram, temperatures, viscosities and pressures for pumps and coolers, see "Engine Project Guide".

Starting Air System, Engine dimensions, Tanks, etc.

Starting air system, 30.0 bar g

Reversible engine

Receiver volume (12 starts)	m³	2 x 7.0
Compressors (total)	m³/h	420.0

Main engine dimensions

Dimensions

Length excl. tuning wheel, tanktop	mm	9,771
Min length excl. tuning wheel, c/l	mm	0
Max length incl. tuning wheel, c/ll	mm	0
Cylinder distance	mm	1,084
Width of bedplate	mm	4,124
Distance, foot - crankshaft c/ll	mm	1,410

Overhaul

Normal lift, c/l - crane hook	mm	11,600
Crane capacity, normal lifting procedure	t	5.0
Double jib crane, c/l - deck beam	mm	10,400
Crane capacity, double jib crane	t	2 x 2.50

Weight

Weight of main engine, dry	t	470.0
Weight of water and oil in engine	t	0.0

The real engine length at crankshaft centreline level (c/l) may be between the above min and max lengths, and depends on the vibration conditions of the main engine and shaft system, i.e. on whether a vibration damper need to be installed.

The mass can vary up to 10% depending on the design and options chosen

Dimensions of tanks, centrifuges and aux. blowers

Fuel oil system

Marine diesel oil service tank, 4 hour	m³	16.0
Fuel oil settling tanks, 2 x 12 hour	m³	2 x 48.0
Fuel oil centrifuge, 98 °C	l/h	5,424
Fuel oil service tank, 6 h/95 °C	m³	24.0

The capacity of the F.O. centrifuge(s) is for guidance only. Actual capacity should be given by the maker

Lubrication oil system

Lube oil storage tanks,(2x3 months)	m³	2 x 5.0
Lube oil centrifuge, 95 °C	l/h	2,732
Lube oil bottom (sump) tank, appr.	m³	21.4

Hydraulic control oil system

Hydraulic control oil tank, appr	m³	3.5

Cylinder oil system

Cylinder oil storage tanks	m³	2 x 45.0
Cylinder oil service tank	m³	3.5

Various drain tanks

Stuffing box drain tank	m³	0.30
Scavenge air drain tank	m³	0.70

Air cooler cleaning unit

Air cooler cleaning tank	m³	0.60
Capacity of pump	m³/h	2.00

Jacket water

Expansion tank for jacket water	m³	1.25

Auxiliary blower(s)

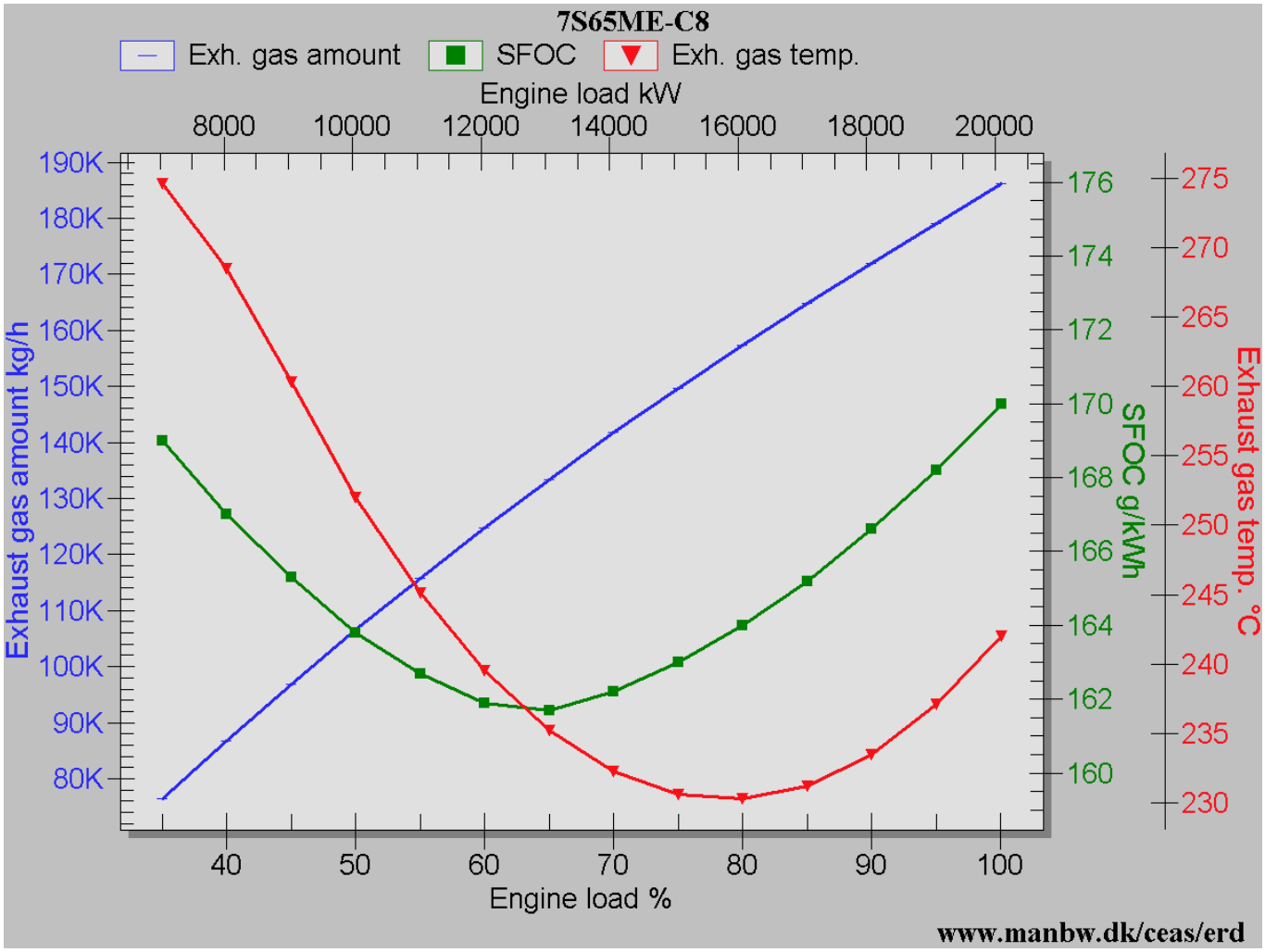
Electric motor rating of aux.blower(s)	kW	2 x 76

Tables of SFOC and Exhaust Gas Data

Part Load Data at ISO Ambient Conditions

Load	Power	Speed	SFOC	Exh. gas amount	Exh. gas temp.
% of SMCR	kW	r/min	g/kWh	kg/h	°C
100.0	20,090	95.0	170.0	186,200	242.0
95.0	19,086	93.4	168.2	179,100	237.1
90.0	18,081	91.7	166.6	172,000	233.5
85.0	17,076	90.0	165.2	164,800	231.2
80.0	16,072	88.2	164.0	157,300	230.3
75.0	15,068	86.3	163.0	149,700	230.6
70.0	14,063	84.4	162.2	141,700	232.3
65.0	13,058	82.3	161.7	133,400	235.2
60.0	12,054	80.1	161.9	124,800	239.5
55.0	11,050	77.8	162.7	115,800	245.1
50.0	10,045	75.4	163.8	106,500	252.0
45.0	9,040	72.8	165.3	96,800	260.3
40.0	8,036	70.0	167.0	86,800	268.5
35.0	7,032	66.9	169.0	76,400	274.6

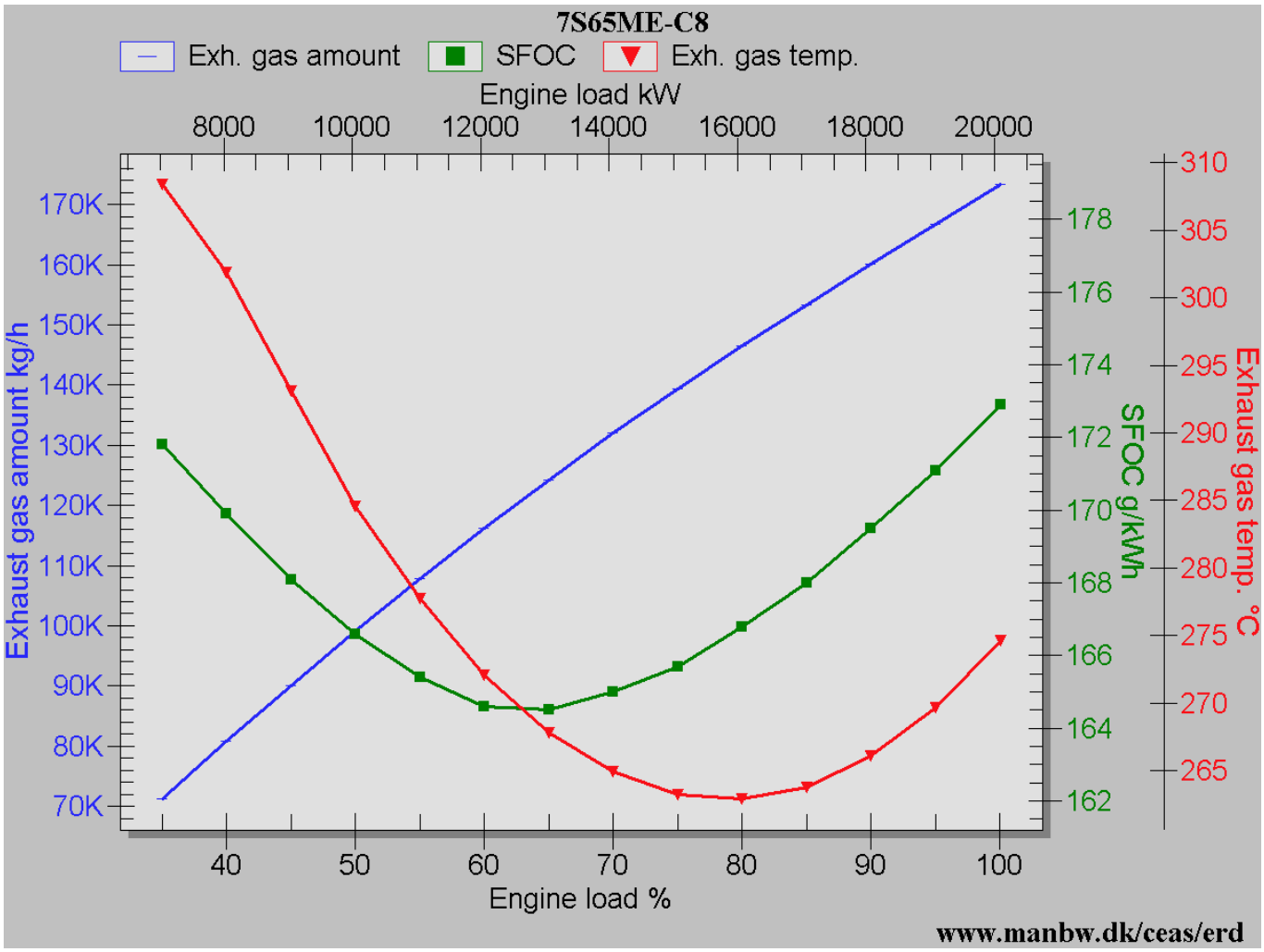
Air suction temperature: 25.0 °C
Cooling water temperature: 25.0 °C



Part Load Data at Tropical Ambient Conditions

Load	Power	Speed	SFOC	Exh. gas amount	Exh. gas temp.
% of SMCR	kW	r/min	g/kWh	kg/h	°C
100.0	20,090	95.0	172.9	173,400	274.6
95.0	19,086	93.4	171.1	166,800	269.7
90.0	18,081	91.7	169.5	160,200	266.1
85.0	17,076	90.0	168.0	153,400	263.8
80.0	16,072	88.2	166.8	146,500	262.9
75.0	15,068	86.3	165.7	139,400	263.2
70.0	14,063	84.4	165.0	132,000	264.9
65.0	13,058	82.3	164.5	124,300	267.8
60.0	12,054	80.1	164.6	116,200	272.1
55.0	11,050	77.8	165.4	107,900	277.7
50.0	10,045	75.4	166.6	99,200	284.6
45.0	9,040	72.8	168.1	90,100	293.1
40.0	8,036	70.0	169.9	80,800	301.9
35.0	7,032	66.9	171.8	71,200	308.4

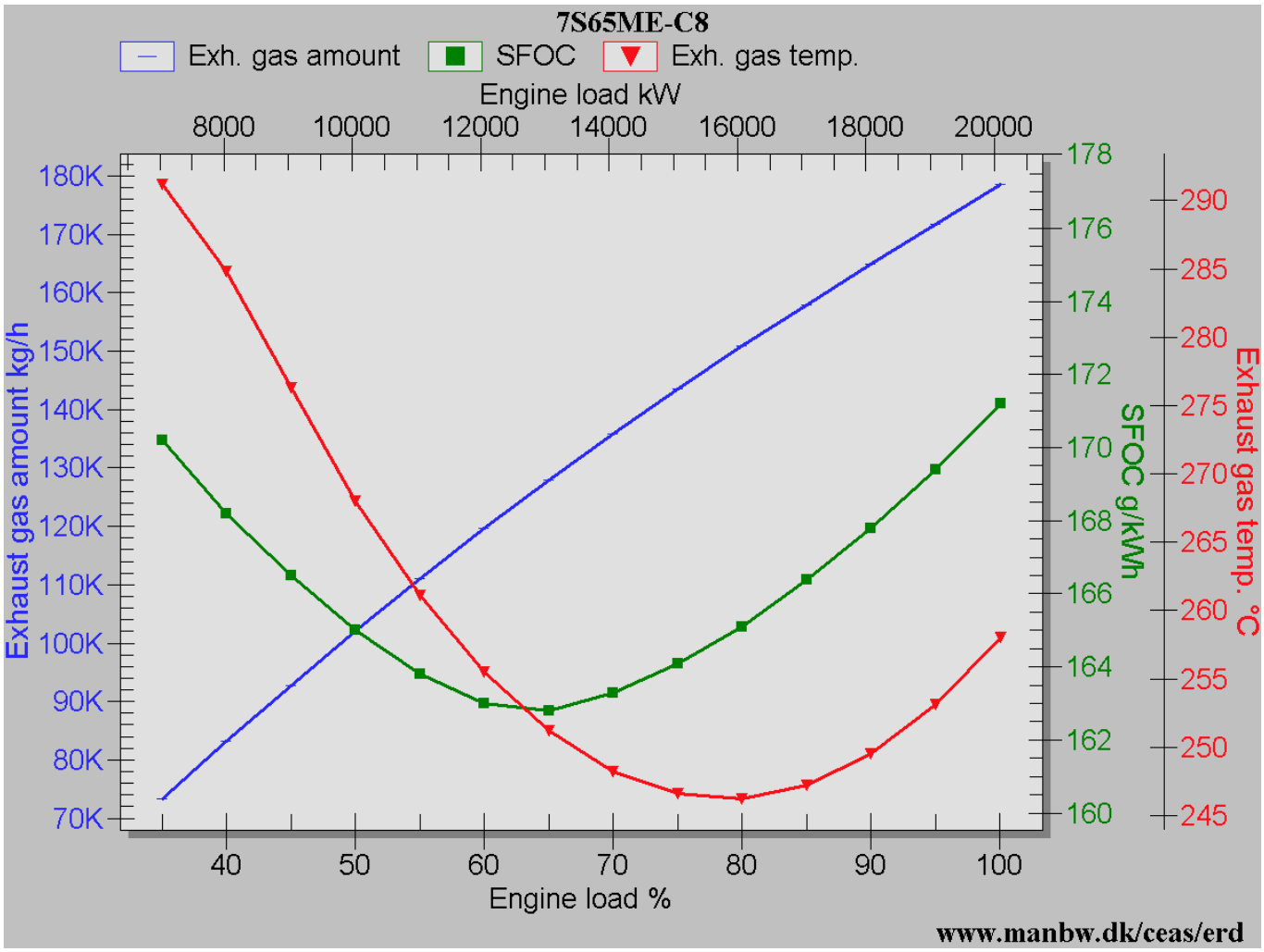
Air suction temperature: 45.0 °C
Cooling water temperature: 36.0 °C



Part Load Data at Specified Ambient Conditions

Load	Power	Speed	SFOC	Exh. gas amount	Exh. gas temp.
% of SMCR	kW	r/min	g/kWh	kg/h	°C
100.0	20,090	95.0	171.2	178,600	258.0
95.0	19,086	93.4	169.4	171,800	253.1
90.0	18,081	91.7	167.8	165,000	249.5
85.0	17,076	90.0	166.4	158,000	247.2
80.0	16,072	88.2	165.1	150,900	246.2
75.0	15,068	86.3	164.1	143,500	246.6
70.0	14,063	84.4	163.3	135,900	248.2
65.0	13,058	82.3	162.8	128,000	251.2
60.0	12,054	80.1	163.0	119,700	255.5
55.0	11,050	77.8	163.8	111,100	261.1
50.0	10,045	75.4	165.0	102,100	268.0
45.0	9,040	72.8	166.5	92,800	276.3
40.0	8,036	70.0	168.2	83,200	284.8
35.0	7,032	66.9	170.2	73,300	291.2

Air suction temperature: 35.0 °C
Cooling water temperature: 25.0 °C



Tables of Cooler Heat

1 Engine load (% SMCR)	4 Scavenge air amount +/- 5% (kg/h)	9 Jacket water cooler heat (kW)
2 Engine power (kW)	5 Scavenge air pressure (bar abs)	10 Main lubrication oil heat (kW)
3 Engine speed (r/min)	6 Scavenge air temperature BEFORE air cooler (°C)	11 Separate hydraulic control oil cooler heat (kW)
	7 Scavenge air temperature AFTER air cooler (°C)	
	8 Scavenge air cooler heat (kW)	

ISO Ambient Conditions

Air suction temperature: 25.0°C Cooling water temperature: 25.0°C

1 %	2 kW	3 r/min	4 kg/h	5 bar (abs)	6 °C	7 °C	8 kW	9 kW	10 kW	11 kW
100.0	20,090	95.0	182,800	3.8	195.0	37.0	8,110	2,570	1,240	153
95.0	19,086	93.4	175,900	3.7	189.0	36.0	7,530	2,470	1,220	150
90.0	18,081	91.7	169,000	3.5	181.0	34.0	6,950	2,370	1,200	147
85.0	17,076	90.0	162,000	3.3	174.0	33.0	6,380	2,270	1,180	145
80.0	16,072	88.2	154,700	3.2	166.0	32.0	5,810	2,170	1,160	142
75.0	15,068	86.3	147,200	3.0	158.0	31.0	5,240	2,070	1,140	138
70.0	14,063	84.4	139,400	2.8	150.0	30.0	4,670	1,980	1,110	135
65.0	13,058	82.3	131,300	2.6	141.0	29.0	4,110	1,880	1,080	132
60.0	12,054	80.1	122,800	2.5	132.0	29.0	3,560	1,780	1,050	128
55.0	11,050	77.8	114,000	2.3	123.0	28.0	3,020	1,680	1,010	124
50.0	10,045	75.4	104,900	2.1	113.0	27.0	2,500	1,590	970	120
45.0	9,040	72.8	95,300	2.0	102.0	27.0	2,010	1,490	930	116
40.0	8,036	70.0	85,500	1.8	92.0	26.0	1,570	1,390	880	111
35.0	7,032	66.9	75,200	1.7	82.0	26.0	1,180	1,290	830	106
30.0	6,027	63.6	64,800	1.5	72.0	33.0	840	1,200	770	100
25.0	5,022	59.8	54,100	1.4	63.0	32.0	570	1,100	700	94

Tropical Ambient Conditions

Air suction temperature: 45.0°C Cooling water temperature: 36.0°C

100.0	20,090	95.0	169,900	3.7	220.0	44.0	8,380	2,610	1,260	153
95.0	19,086	93.4	163,500	3.5	213.0	43.0	7,790	2,510	1,240	150
90.0	18,081	91.7	157,100	3.4	205.0	41.0	7,210	2,410	1,220	147
85.0	17,076	90.0	150,500	3.2	198.0	40.0	6,630	2,310	1,200	145
80.0	16,072	88.2	143,800	3.0	190.0	39.0	6,060	2,210	1,180	142
75.0	15,068	86.3	136,900	2.9	181.0	38.0	5,480	2,110	1,160	138
70.0	14,063	84.4	129,700	2.7	173.0	37.0	4,910	2,010	1,130	135
65.0	13,058	82.3	122,200	2.5	163.0	36.0	4,340	1,910	1,100	132
60.0	12,054	80.1	114,200	2.4	154.0	36.0	3,780	1,810	1,070	128
55.0	11,050	77.8	106,100	2.2	144.0	35.0	3,230	1,710	1,030	124
50.0	10,045	75.4	97,500	2.0	133.0	34.0	2,700	1,610	990	120
45.0	9,040	72.8	88,600	1.9	123.0	34.0	2,200	1,510	950	116
40.0	8,036	70.0	79,400	1.7	112.0	33.0	1,750	1,420	900	111
35.0	7,032	66.9	70,000	1.6	102.0	33.0	1,350	1,320	840	106
30.0	6,027	63.6	60,300	1.5	92.0	40.0	1,000	1,220	780	100
25.0	5,022	59.8	50,300	1.4	83.0	39.0	710	1,120	720	94

Specified Ambient Conditions

Air suction temperature: 35.0°C Cooling water temperature: 25.0°C

100.0	20,090	95.0	175,200	3.7	207.0	37.0	8,320	2,590	1,240	153
95.0	19,086	93.4	168,600	3.6	200.0	36.0	7,740	2,490	1,230	150
90.0	18,081	91.7	162,000	3.4	192.0	34.0	7,160	2,380	1,210	147
85.0	17,076	90.0	155,200	3.2	185.0	33.0	6,580	2,290	1,190	145
80.0	16,072	88.2	148,200	3.1	177.0	32.0	6,010	2,190	1,170	142
75.0	15,068	86.3	141,000	2.9	169.0	31.0	5,430	2,090	1,150	138
70.0	14,063	84.4	133,600	2.7	160.0	30.0	4,860	1,990	1,120	135
65.0	13,058	82.3	125,900	2.6	151.0	29.0	4,300	1,890	1,090	132
60.0	12,054	80.1	117,700	2.4	142.0	29.0	3,740	1,790	1,060	128
55.0	11,050	77.8	109,300	2.2	132.0	28.0	3,190	1,700	1,020	124
50.0	10,045	75.4	100,400	2.1	122.0	27.0	2,660	1,600	980	120
45.0	9,040	72.8	91,300	1.9	112.0	27.0	2,170	1,500	940	116
40.0	8,036	70.0	81,800	1.8	101.0	26.0	1,720	1,400	890	111
35.0	7,032	66.9	72,100	1.6	91.0	26.0	1,320	1,300	830	106
30.0	6,027	63.6	62,100	1.5	82.0	33.0	970	1,200	770	100
25.0	5,022	59.8	51,800	1.4	72.0	32.0	680	1,110	710	94

Scavenge air pressue and air cooler data for guidance only - not to be used for dimensioning of turbochargers and scavenge air coolers. See the design specification of the engine.

ANEXO II:

BALANCE DE VAPOR

Balance de Vapor

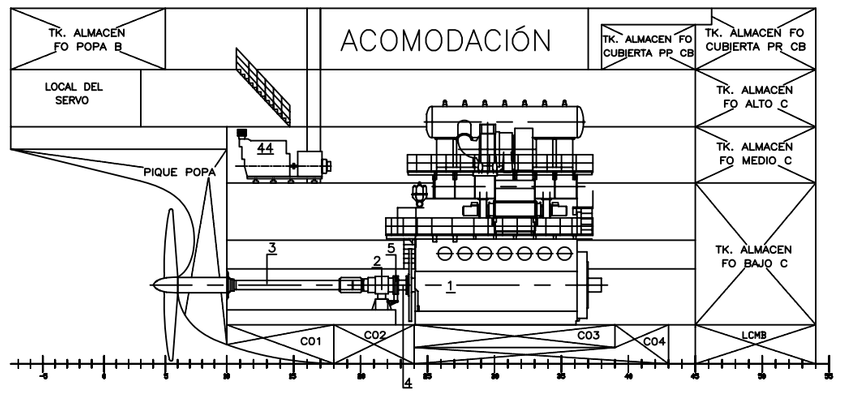
BALANCE DE VAPOR A		7	kg/cm2	SITUACIONES DE CONSUMO		CONSUMOS PARCIALES	
ELEMENTO	NÚMERO	CONSUMO UNITARIO (kcal/h)	CONSUMO UNITARIO (kgv/h)	PUERTO	NAVEGACIÓN	PUERTO	NAVEGACIÓN
Almacén FO. bajo Er	1	139092.98	283.98	0.8	0.8	227.18	227.18
Almacén FO. bajo C	1	115785.28	236.39	0.8	0.8	189.11	189.11
Almacén FO. bajo Br	1	139047.98	283.89	0.8	0.8	227.11	227.11
Almacén FO. medio Er	1	68035.37	138.90	0.8	0.8	111.12	111.12
Almacén FO. medio C	1	50208.30	102.51	0.8	0.8	82.01	82.01
Almacén FO. medio Br	1	68035.37	138.90	0.8	0.8	111.12	111.12
Almacén FO. alto Er	1	68223.78	139.29	0.8	0.8	111.43	111.43
Almacén FO. alto C	1	50318.10	102.73	0.8	0.8	82.19	82.19
Almacén FO. alto Br	1	68223.78	139.29	0.8	0.8	111.43	111.43
Almacén FO. cub. pr. E	1	4088.18	8.35	0.8	0.8	6.68	6.68
Almacén FO. cub. pr. CE	1	3573.68	7.30	0.8	0.8	5.84	5.84
Almacén FO. cub. pr. CB	1	3573.68	7.30	0.8	0.8	5.84	5.84
Almacén FO. cub. pr. B	1	4088.18	8.35	0.8	0.8	6.68	6.68
Almacén FO. cub. pp. E	1	44331.53	90.51	0.8	0.8	72.41	72.41
Almacén FO. cub. pp. CE	1	43515.69	88.84	0.8	0.8	71.08	71.08
Almacén FO. cub. pp. CB	1	43515.69	88.84	0.8	0.8	71.08	71.08
Almacén FO. cub. pp. B	1	44331.53	90.51	0.8	0.8	72.41	72.41
Almacén FO. Popa Er	1	107662.50	219.81	0.8	0.8	175.85	175.85
Almacén FO. Popa Br	1	107662.50	219.81	0.8	0.8	175.85	175.85
Tanque sedimentación F.O. E	1	48973.15	99.99	0.5	0.8	49.99	79.99
Tanque sedimentación F.O. B	1	48973.15	99.99	0.5	0.8	49.99	79.99
Tanque servicio diario F.O. B	1	57691.01	117.78	0.5	0.8	58.89	94.23
Tanque servicio diario F.O. E	1	34959.53	71.38	0.5	0.8	35.69	57.10
Calentador final combustible M.P.	1	626392.38	1278.87	0	1	0.00	1278.87
Lineas de acompañamiento F.O.	1	322560.00	658.55	0.5	0	329.28	0.00
Calentador purificadora F.O.	1	98977.41	202.08	0	1	0.00	202.08
Colector de retorno M.P.	1	99357.12	202.85	0	1	0.00	202.85
Calentador purificadora aceite	1	154.64	0.32	0.2	0.5	0.06	0.16
Precalentador A.D. Del M.P.	1	15169.35	30.97	0.5	0	15.49	0.00
Tanque servicio aceite M.P.	1	25191.64	51.43	0	0	0.00	0.00
Tanque lodos purificadoras	1	277954.12	567.48	0	0.5	0.00	283.74
Tanque de reboses y derrames	1	39630.00	80.91	0	0.5	0.00	40.46
Aguas aceitosas	1	59317.50	121.11	0	0.5	0.00	60.55
Agua caliente	1	525000.00	1071.87	0	0	0.00	0.00
Servicio de calefacción	1	140027.50	285.89	0.7	0.75	200.12	214.42
Servicio de hotel del buque		39.00	0.08	0.3	0.6	0.00	0.00
Perdidas		1796.84	3.67	1	1	0.00	0.00
TOTALES				0	0	2655.91	4510.83

Caldereta	1	1986223.45	4055.17	0	1	0.00	4055.17
				Diferencias con lo generado en la caldereta		2655.91	455.66

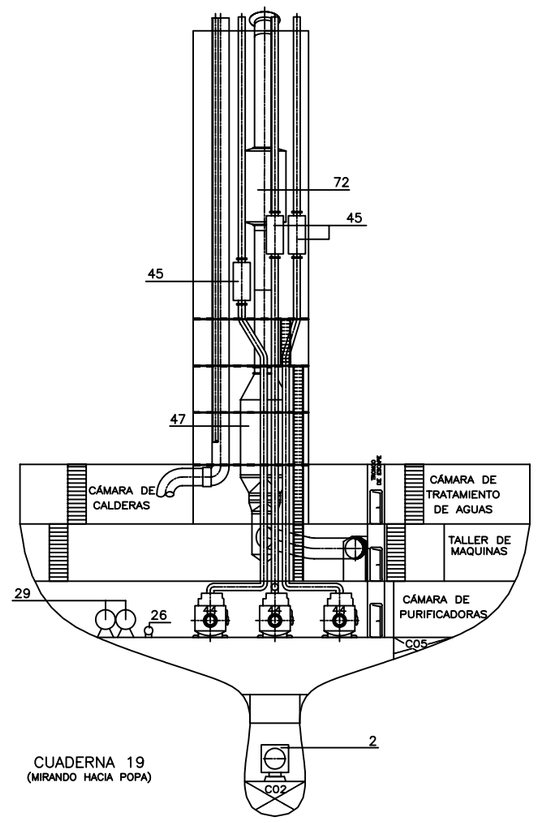
Capacidad de la caldereta de gases de escape	kcal/h	kgv/h
Navegación	1986223.45	4055.17
Puerto	0.00	0.00

Capacidad de la caldereta de mecheros en cada situación	kcal/h	kgv/h
Navegación	223180.94	455.66
Puerto	1300864.53	2655.91

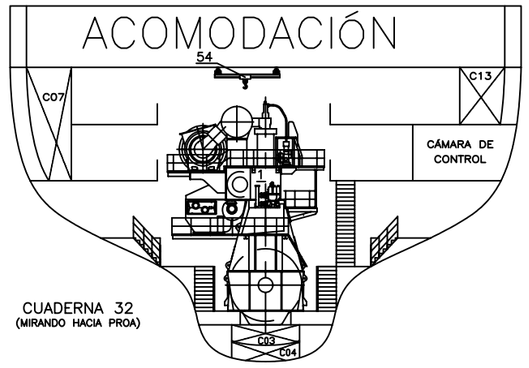
Capacidad final de la caldereta de mecheros	kcal/h	kgv/h
	1322460.00	2700.00



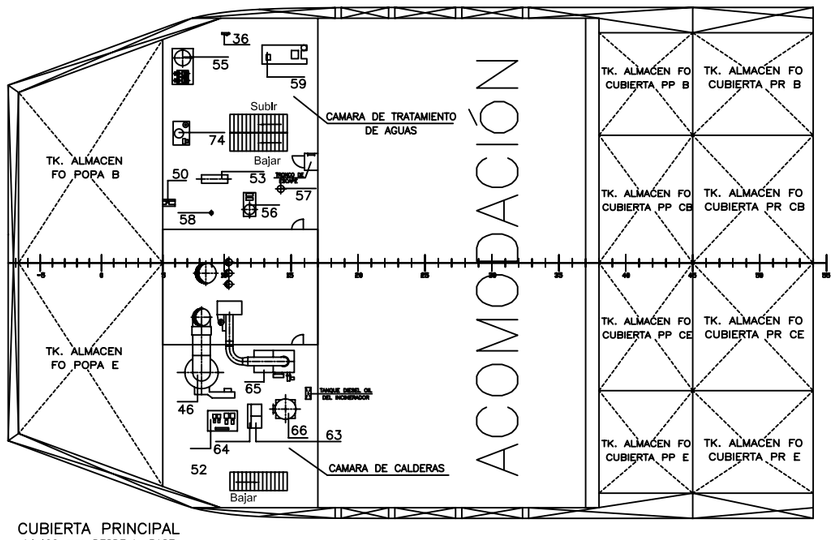
ALZADO



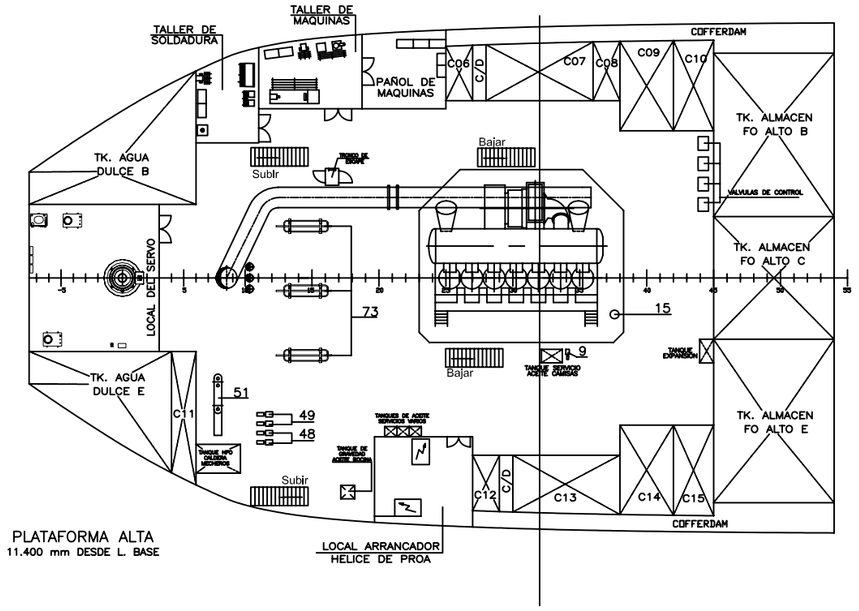
CUADERNA 19
(MIRANDO HACIA POPA)



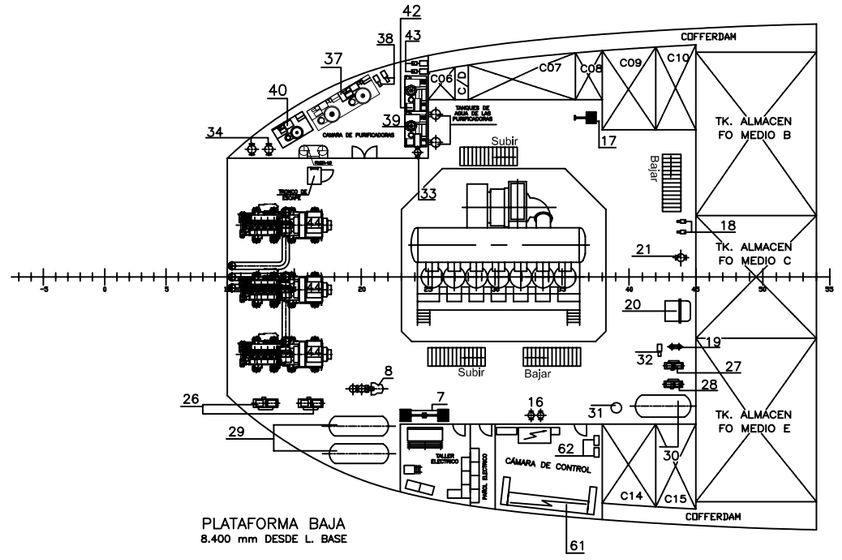
CUADERNA 32
(MIRANDO HACIA PROA)



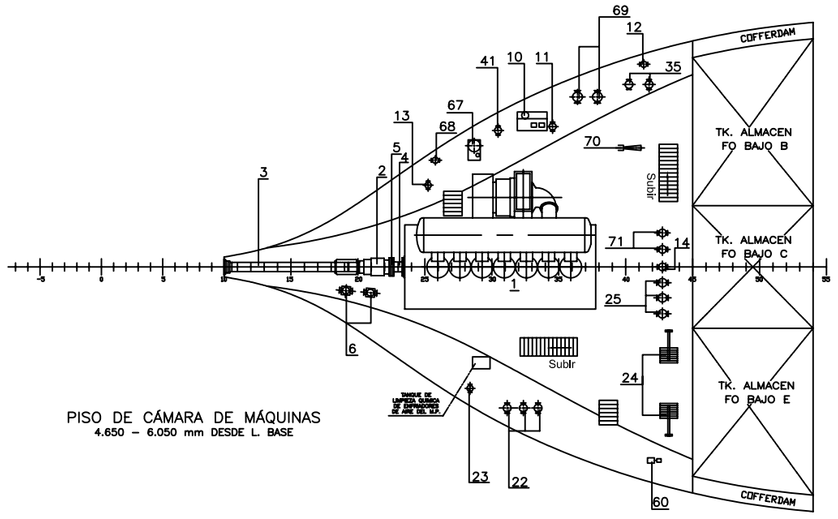
CUBIERTA PRINCIPAL
14.400 mm DESDE L. BASE



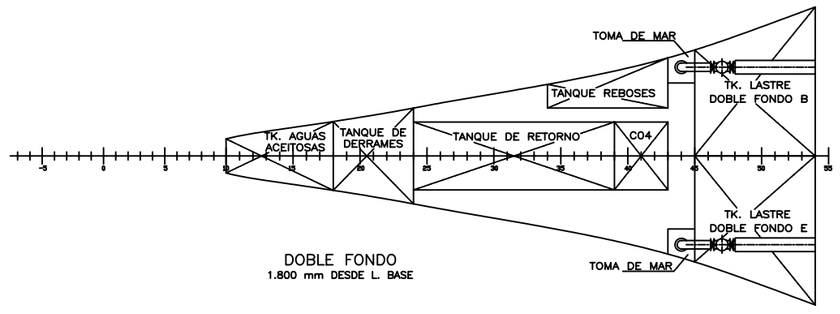
PLATAFORMA ALTA
11.400 mm DESDE L. BASE



PLATAFORMA BAJA
8.400 mm DESDE L. BASE



PISO DE CÁMARA DE MÁQUINAS
4.650 – 6.050 mm DESDE L. BASE



DOBLE FONDO
1.800 mm DESDE L. BASE

LCMB	TANQUE DE LASTRE DE DOBLE FONDO BABOR
C15	TANQUE DE SEDIMENTACIÓN DE F.O. ESTRIBOR
C14	TANQUE ALMACÉN DE D.O. ESTRIBOR
C13	TANQUE DE SERVICIO DIARIO DE F.O. ESTRIBOR
C12	TANQUE ALMACÉN DE ACEITE DE LOS MM.AA.
C11	TANQUE DE AGUA DULCE DESTILADA
C10	TANQUE DE SEDIMENTACIÓN DE F.O. BABOR
C09	TANQUE ALMACÉN DE D.O. BABOR
C08	TANQUE DE SERVICIO DIARIO DE D.O.
C07	TANQUE DE SERVICIO DIARIO DE F.O. BABOR
C06	TANQUE ALMACÉN DE ACEITE DEL M.P.
C05	TANQUE DE LODOS
C04	TANQUE DE ACEITE SUCIO
C03	TANQUE DE RETORNO
C02	TANQUE DE DERRAMES
C01	TANQUE DE AGUAS ACEITOSAS

74	UNIDAD HIDRÁULICA PESCANTE BOTE CAIDA LIBRE
73	VIGA CARRIL MOTORES AUXILIARES
72	SILENCIADOR MOTOR PRINCIPAL
71	BOMBAS BALDEO Y CONTRAINCENDIOS
70	EYECTOR DE LASTRE Y SENTINAS
69	BOMBAS DE LASTRE Y SENTINAS
68	BOMBA DE SENTINAS
67	SEPARADOR DE SENTINAS
66	EQUIPO DE PREPARACION DE LODOS PARA INCINERADOR
65	INCINERADOR
64	PANEL DE CONTROL DE LA CALDERA DE GASES
63	PUPITRE DE CONTROL DE LA CALDERA DE MECHEROS
62	TRANSFORMADOR ELECTRICO
61	CUADRO ELECTRICO
60	BOMBA CONTRAINCENDIOS DE EMERGENCIA
59	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
58	ESTERILIZADORA
57	POTABILIZADORA
56	UNIDAD DE AGUA CALIENTE
55	UNIDAD HIDROFORA (TANQUE + 2 BOMBAS)
54	GRUA
53	CONDENSADOR UNIDAD DE AIRE ACONDICIONADO
52	UNIDAD PREPARACION FUEL OIL DE LA CALDERA DE MECHEROS
51	CONDENSADOR DE VAPOR
50	BOMBA DE AGUA DESTILADA
49	BOMBA ALIMENTACION DE AGUA DE CALDERA DE GASES
48	BOMBA ALIMENTACION DE AGUA DE CALDERA DE MECHEROS
47	CALDERA DE GASES DE EXHAUSTACION
46	CALDERA DE MECHEROS
45	SILENCIADORES DE MOTORES AUXILIARES
44	MOTOR AUXILIAR Y GENERADOR
43	BOMBA PURIFICADORA ACEITE LUBRICANTE MOTORES AUXILIARES
42	PURIFICADORA DE ACEITE LUBRICANTE MOTORES AUXILIARES
41	BOMBA PURIFICADORA ACEITE LUBRICANTE MOTOR PRINCIPAL
40	PURIFICADORA DE ACEITE LUBRICANTE MOTOR PRINCIPAL
39	PURIFICADORA DE DIESEL OIL
38	BOMBA PURIFICADORA FUEL OIL
37	PURIFICADORAS DE FUEL OIL
36	BOMBA NEUMATICA GRUPO DE EMERGENCIA
35	BOMBAS TRASIEGO FUEL OIL Y DIESEL OIL (AUTOMATICAS)
34	BOMBA SUMINISTRO FUEL OIL
33	BOMBA SUMINISTRO FUEL OIL (PUERTO)
32	BOMBA PRECALENTAMIENTO AGUA DULCE
31	BOTELLA DE AIRE DE AUXILIARES
30	BOTELLA DE AIRE DE SERVICIO
29	BOTELLAS PRINCIPALES DE AIRE
28	COMPRESOR DE AIRE DE SERVICIO
27	COMPRESOR DE AIRE DE EMERGENCIA Y RELLENO
26	COMPRESORES PRINCIPALES DE AIRE
25	BOMBAS AGUA SALADA DE REFRIGERACION
24	ENFRIADORES CENTRALES
23	BOMBA PUERTO AGUA DULCE DE REFRIGERACION DE BAJA TEMPERATURA
22	BOMBAS PRINCIPALES AGUA DULCE DE REFRIGERACION DE BAJA TEMPERATURA
21	BOMBA GENERADOR AGUA DULCE
20	GENERADOR DE AGUA DULCE
19	PRECALENTADOR MOTOR PRINCIPAL
18	BOMBA CIRCULACION FUEL OIL
17	ENFRIADOR AGUA DULCE DE CAMISAS MOTOR PRINCIPAL
16	BOMBA AGUA DULCE DE CAMISAS MOTOR PRINCIPAL
15	TANQUE DESAIREACION MOTOR PRINCIPAL
14	BOMBA ADRIZAMIENTO
13	BOMBA DE LODOS
12	BOMBA TRASIEGO DIESEL OIL
11	BOMBA TRASIEGO ACEITE LUBRICANTE
10	UNIDAD ACEITE LUBRICANTE EJE DE LEVAS Y VALVULAS DE EXHAUSTACION M.P.
9	BOMBA TRASIEGO ACEITE DE CILINDROS
8	FILTRO ACEITE M.P.
7	ENFRIADOR ACEITE M.P.
6	BOMBA CIRCULACIÓN ACEITE LUBRICANTE M.P.
5	TORSIOMETRO
4	EJE INTERMEDIO
3	EJE DE COLA
2	CHUMACERA DE EMPUJE
1	MOTOR PRINCIPAL

E.T.S.I.N.

PROYECTO
Nº 1674

BUQUE POLIVALENTE DE 20.000 T.P.M.

JESUS ENRIQUE TERCIADO TERCIADO
ANTONIO VILLALBA HERREROS

DISPOSICION GENERAL DE CAMARA DE MAQUINAS

ESCALA 1 / 300

BUQUE POLIVALENTE 20000 TPM

CUADERNO Nº 8 PESOS Y CENTROS DE GRAVEDAD DEL BUQUE EN ROSCA

Proyecto nº 1674
Tutor: D. Francisco Alonso Thous

Jesús Enrique Terciado Terciado

Antonio Villalba Herreros

INDICE

1-. INTRODUCCIÓN

En este documento se calculará el peso del buque en rosca y se determinará la situación del centro de gravedad del mismo. El peso en rosca se descompondrá en tres grupos:

- Peso del acero
- Peso de la maquinaria
- Peso del equipo

El peso del acero continuo se hará mediante el método de Aldwinckle, descrito en el libro “Ecuación del desplazamiento. Peso en rosca y peso muerto” por los profesores D. Manuel Meizoso Fernández y D. José Luis García Garcés. Para el cálculo de pesos de aceros locales se utilizarán diversas fórmulas que dependen del tipo de buque y del espacio considerado.

Los pesos de la maquinaria y del equipo se calcularán mediante los pesos reales aquellas partidas conocidas y por medio de fórmulas o tomando el valor directamente del desglose del peso en rosca del buque base las partidas no conocidas.

Una vez obtenidas todas las partidas anteriores, se sumarán para obtener así el peso en rosca y se añadirá un margen de seguridad por aquellas partidas no recogidas.

El cálculo de la abscisa y la ordenada del centro de gravedad se hará de manera directa componiendo las distintas partidas que lo forman a partir de las posiciones de los centros de gravedad de ellas.

2-. PESO DEL ACERO

El peso del acero continuo se descompone en dos bloques:

- Peso del acero continuo: a su vez se descompone en dos partes: peso de acero longitudinal y peso de acero transversal.
- Pesos locales de acero.

2.1-. Peso del acero continuo

2.1.1-. Peso de acero longitudinal

El método de Aldwinckle extrapola el peso del acero continuo a lo largo del buque a partir del peso de la maestra. En la cuaderna maestra obtenemos el peso por unidad de longitud, $W_L(10)$, multiplicando el área de la sección, calculada en el cuaderno 6 (esta área contiene elementos que, aunque no trabajen para la resistencia longitudinal, si se pueden incluir en este apartado haciendo una ponderación de su peso; este es el caso de las tapas de escotillas), por la densidad del acero. En cualquier sección, i, el peso por unidad de longitud, $W_L(i)$, se obtiene mediante la expresión:

$$W_L(i) = G(i)^{m(i)} \cdot W_L(10) \text{ en T/m}$$

Donde: G(i) es la relación entre el perímetro de la sección i-ésima y la sección maestra

m(i) es un coeficiente que depende del tipo de buque, en este caso hemos decidido poner los de un carguero. Depende de la posición considerada

$W_L(10)$ es el producto del área de la maestra por la densidad del acero (ρ_{acero} = 7,83 T/m^3), y se mide en T/m.

En la siguiente tabla presentamos los valores de $W_L(i)$ para cada sección:

Cuaderna	Abscisa (m)	Perímetro (m)	G(i)	m(i)	W(i) (T/m)
P. Popa	0,000	50,21	0,6721	3,45	4,1506
1	7,715	73,14	0,9790	5,39	14,5767
2	15,430	72,84	0,9749	4,88	14,4412
3	23,145	72,23	0,9668	3,68	14,4365
4	30,860	67,76	0,9071	2,48	12,8328
5	38,575	70,28	0,9408	2,05	14,4225
6	46,290	72,59	0,9717	1	15,8821
7	54,005	74,46	0,9966	1	16,2903
8	61,720	75,24	1,0071	1	16,4619
9	69,435	75,30	1,0079	1	16,4743
10	77,150	74,71	1,0000	1	16,3454
11	84,865	73,34	0,9817	1	16,0469
12	92,580	70,92	0,9493	1	15,5171
13	100,295	68,34	0,9147	1,91	13,7858
14	108,010	65,27	0,8736	2,22	12,1100
15	115,725	60,96	0,8160	2,8	9,2485
16	123,440	55,79	0,7468	3,39	6,0758
17	131,155	50,05	0,6699	3,33	4,3056
18	138,870	55,52	0,7432	3,27	6,1937
19	146,585	49,80	0,6666	3,44	4,0507
P. Proa	154,300	44,19	0,5915	2,61	4,1512

2.1.2-. Peso de acero transversal

Obtenemos el peso del acero transversal por unidad de longitud en la maestra, $W_t(10)$, y lo extrapolamos al resto de la estructura según la expresión:

$$W_t(i) = Q(i)^{p(i)} \cdot W_t(10) \text{ en T/m}$$

donde: Q(i) es la relación entre el área de la sección i-ésima y la sección de la maestra

p(i) es el coeficiente definido por LRS. Depende de la sección considerada

Wt(10) lo obtenemos dividiendo por la separación entre cuadernas al peso del acero transversal, compuesto por bulárcamas y sus correspondientes refuerzos, que forman secciones reforzadas, y cuadernas y sus correspondientes refuerzos, que forman secciones normales.

Peso Acero Transversal (Sección Normal)	
Elemento	**Peso (T)**
Chapa del pantoque	0,254
Bulárcamas brazolas	0,376
Chapa central	0,180
Total	**0,809**

Peso Acero Transversal (Sección Reforzada)	
Elemento	**Peso (T)**
Mamparo aligerado doble casco	2,582
Bulárcama centro	0,254
Chapa del pantoque	2,500
Varengas	0,801
Consolas	0,376
Bulárcamas Brazolas	0,252
Corbatas	6,765
Total	**2,582**

Para el cálculo de $W_t(10)$ tendremos:

$$P_{normal} = 4 \cdot \frac{0{,}809}{3{,}117} = 1{,}04 \text{ T/m}$$

$$P_{reforzada} = \frac{6{,}765}{3{,}117} = 2{,}17 \text{ T/m}$$

Y el peso transversal unitario será la suma de los dos valores:

$W_t(10) = 3{,}53$ T/m

Así, la distribución de pesos unitarios a lo largo de la eslora queda:

Cuaderna	Abscisa (m)	Área (m2)	G(i)	m(i)	W(i) (T/m)
P. Popa	0,000	138,87	0,3939	0,50	2,0144
1	7,715	224,10	0,6358	0,65	2,3910
2	15,430	285,00	0,8085	0,78	2,7192
3	23,145	331,53	0,9405	0,88	3,0408
4	30,860	295,58	0,8385	0,94	2,7199
5	38,575	324,38	0,9202	0,99	2,9559
6	46,290	342,19	0,9708	1	3,1156
7	54,005	351,71	0,9978	1	3,2023
8	61,720	354,67	1,0062	1	3,2293
9	69,435	354,80	1,0065	1	3,2304
10	77,150	352,50	1,0000	1	3,2095
11	84,865	344,96	0,9786	1	3,1408
12	92,580	326,54	0,9264	1	2,9731
13	100,295	302,70	0,8587	1	2,7561
14	108,010	273,44	0,7757	1	2,4897
15	115,725	236,92	0,6721	0,99	2,1657
16	123,440	194,67	0,5523	0,94	1,8368
17	131,155	146,45	0,4155	0,88	1,4817
18	138,870	142,25	0,4036	0,78	1,5814
19	146,585	89,16	0,2530	0,65	1,3134
P. Proa	154,300	44,44	0,1261	0,50	1,1396

2.1.3-. Peso de acero continuo

Ahora, sumando ambas distribuciones e integrando por el método de Simpson, obtenemos el peso total del acero continuo y, tomando momentos, la abscisa y la ordenada de su centro de gravedad.

Calculamos en primer lugar el peso y la abscisa del centro de gravedad:

Cuaderna	X_G (m)	$W_L(i)$ (T/m)	$W_t(i)$ (T/m)	$W_{total}(i)$ (T/m)	f	$f \cdot W_{total}$ (T)	$f \cdot W_{total} \cdot X_G$ (T·m)
P. Popa	0,000	4,151	2,014	6,165	2,992	18,446	0,000
1	7,715	14,577	2,391	16,968	11,968	203,069	1.566,674
2	15,430	14,441	2,719	17,160	5,984	102,688	1.584,470
3	23,145	14,436	3,041	17,477	11,968	209,168	4.841,196
4	30,860	12,833	2,720	15,553	5,984	93,067	2.872,046
5	38,575	14,422	2,956	17,378	11,968	207,985	8.023,029
6	46,290	15,882	3,116	18,998	5,984	113,682	5.262,357
7	54,005	16,290	3,202	19,493	11,968	233,287	12.598,673
8	61,720	16,462	3,229	19,691	5,984	117,832	7.272,607
9	69,435	16,474	3,230	19,705	11,968	235,825	16.374,533
10	77,150	16,345	3,209	19,555	5,984	117,016	9.027,799
11	84,865	16,047	3,141	19,188	11,968	229,639	19.488,284
12	92,580	15,517	2,973	18,490	5,984	110,645	10.243,540
13	100,295	13,786	2,756	16,542	11,968	197,973	19.855,694
14	108,010	12,110	2,490	14,600	5,984	87,365	9.436,249
15	115,725	9,249	2,166	11,414	11,968	136,605	15.808,651
16	123,440	6,076	1,837	7,913	5,984	47,349	5.844,702
17	131,155	4,306	1,482	5,787	11,968	69,262	9.084,061
18	138,870	6,194	1,581	7,775	5,984	46,526	6.461,086
19	146,585	4,051	1,313	5,364	11,968	64,198	9.410,477
P. Proa	154,300	4,151	1,140	5,291	2,992	15,830	2.442,590
				Total		**2.657,457**	**177.498,718**
				X_G acero continuo (m)			**66,79**

De igual manera obtenemos la ordenada del centro de gravedad del acero continuo:

Cuaderna	Z_G (m)	$W_L(i)$ (T/m)	$W_t(i)$ (T/m)	$W_{total}(i)$ (T/m)	f	$f \cdot W_{total}$ (T)	$f \cdot W_{total} \cdot Z_G$ (T·m)
P. Popa	14,108	4,577	2,220	6,797	2,992	20,336	260,232
1	12,550	15,745	2,632	18,377	11,968	219,941	2.548,611
2	11,545	15,601	2,992	18,593	5,984	111,260	1.185,502
3	10,741	15,596	3,345	18,941	11,968	226,681	2.246,716
4	8,422	13,887	2,993	16,880	5,984	101,007	783,785
5	7,961	15,581	3,252	18,833	11,968	225,393	1.655,855
6	7,723	17,136	3,427	20,562	5,984	123,045	878,014
7	7,585	17,570	3,522	21,092	11,968	252,427	1.769,397
8	7,544	17,753	3,551	21,304	5,984	127,484	888,910
9	7,543	17,766	3,553	21,318	11,968	255,139	1.778,783
10	7,573	17,629	3,530	21,158	5,984	126,612	886,197
11	7,656	17,311	3,454	20,765	11,968	248,520	1.758,163
12	7,842	16,747	3,270	20,018	5,984	119,785	867,662
13	8,071	14,903	3,032	17,936	11,968	214,653	1.597,747
14	8,298	13,116	2,740	15,857	5,984	94,886	724,915
15	8,479	10,058	2,385	12,443	11,968	148,919	1.158,219
16	8,655	6,653	2,024	8,677	5,984	51,924	409,798
17	8,858	4,745	1,635	6,380	11,968	76,359	613,500
18	11,371	6,780	1,745	8,525	5,984	51,014	529,037
19	11,564	4,469	1,452	5,921	11,968	70,864	742,408
P. Proa	10,616	4,585	1,266	5,850	2,992	17,503	168,050
				Total		**2.883,753**	**23.451,503**
				Z_G acero continuo (m)			**8,13**

2.2-. Pesos locales de acero

2.2.1-. Peso de los mamparos transversales

Calcularemos en primer lugar el peso de los mamparos de la zona de carga. Su peso de estima calculando el área del mamparo que, con su espesor,

nos da el volumen de acero correspondiente. Multiplicando este volumen por la densidad del acero (7,83 t/m^3) obtenemos el peso del mamparo. Su coordenada longitudinal coincide con su posición, y la altura del centro de gravedad se calcula con la ayuda del programa "Hydromax". En la siguiente tabla podemos ver el peso y el centro de gravedad de cada mamparo:

Mamparos de bodegas	**Volumen (m^3)**	**Peso (t)**	**X_G (m)**	**Z_G (m)**
Proa bodega 1	2,98	23,325	53,72	7,34
Proa bodega 2	2,96	23,166	81,62	7,35
Proa bodega 3	2,26	17,717	109,54	8,10
Proa bodega 4	1,24	9,7264	131,24	9,20
Proa bodega 5	0,93	7,2472	143,64	13,72

Ahora es el turno para los mamparos del pique de popa, del pique de proa y del cierre de cámara de máquinas. Para conocer su peso calculamos el área que tiene su refuerzo con su plancha asociada y vemos cual es el espesor equivalente para tener toda esa área si no tuviera refuerzo. El producto de ese espesor y del área del mamparo nos da su volumen, que, multiplicado por la densidad del acero, nos da su peso. Las coordenadas del centro de gravedad, como antes, se calculan con ayuda del "Hydromax". El resultado se ve reflejado en la tabla:

Mamparo	**Volumen (m^3)**	**Peso (t)**	**X_G (m)**	**Z_G (m)**
Pique Popa	1,75	13,698	6,00	11,18
Cámara de Máquinas	2,64	20,637	34,82	7,98
Pique Proa	0,75	5,907	152,93	7,42

2.2.2-. Peso de los piques

Se incluyen los refuerzos estructurales de los piques de proa y popa, que se estiman con el valor: $W = 0{,}0538 \cdot V$, siendo V el volumen del pique en m^3.

Para el cálculo de la abscisa del centro de gravedad se supondrá que la distribución de pesos en el pique es homogénea. Obtenemos el centro de

gravedad con la ayuda de “Hydromax”. Los resultados se recogen en la siguiente tabla:

Pique	Volumen (m^3)	Peso (t)	X_G (m)	Z_G (m)
Popa	146,26	7,87	3,26	9,30
Proa	104,75	5,64	154,78	6,13

2.2.3-. Peso extra de la cámara de máquinas

Se corresponde con el peso extra que supone la estructura más reforzada de la cámara de máquinas. Para el cálculo del peso se utiliza: W = 0,0395 · V, siendo V el volumen de la cámara de máquinas (V = 8.372,45 m^3). La distribución del peso es homogénea a lo largo de la cámara de máquinas.

2.2.4-. Codaste y mecha del timón

Usaremos la expresión: W = 8,292 · T, siendo T el calado del buque (T = 10,5 m). Al igual que antes, la distribución del peso es homogénea a lo largo del codaste.

2.2.5-. Superestructura

Usamos la expresión: W = 0,1185 · V, con V igual al volumen de la superestructura (V = 558,57 m^3). El peso se distribuye como un rectángulo sobre la eslora de la superestructura.

2.2.6-. Guardacalor y chimenea

En esta ocasión usamos: W = 0,13 · V, siendo V el volumen de la chimenea y el guardacalor (V = 647,46 m^3). En este caso, el peso se distribuye en un rectángulo sobre la eslora de la chimenea y el guardacalor.

2.2.7-. Tanques de cámara de máquinas

La expresión utilizada es: P = 0,043 · V, siendo V el volumen de dichos tanques (V = 3.034,6 m^3).

2.2.8-. Castillo de proa

Utilizamos: W = 0,0891 · V, con V igual al volumen encerrado por el castillo, que es V = 878,58 m^3. La distribución del peso es homogénea a lo largo de la extensión del castillo.

En la siguiente tabla se recoge un resumen de pesos y centros de gravedad de los últimos apartados:

Zona a estudiar	Peso (t)	X_G (m)	Z_G (m)
Peso extra de Cámara de Máquinas	330,71	18,79	9,98
Codaste y Mecha del Timón	95,36	2,01	10,52
Superestructura	4.713,63	21,28	22,65
Guardacalor y Chimenea	84,17	6,47	20,88
Tanques de Cámara de Máquinas	130,49	22,3	10,79
Castillo de Proa	78,28	141,66	15,99

2.3-. Peso total del acero

Componiendo todas las partidas anteriores, tanto de acero continuo como local, se consigue como resultado el peso total del acero y la posición del centro de gravedad del acero.

Se considera un margen de peso por soldadura y laminación del 5% sobre la suma de los pesos de acero continuo y locales. Esta partida se sumará al peso total del acero.

En esta tabla se resume todo el peso del acero y la posición del centro de gravedad:

Elemento	Peso (t)	X_G (m)	Z_G (m)	X_G·Peso (t·m)	Z_G·Peso (t·m)
Acero continuo	2.657,46	66,79	8,13	177.498,72	21.611,20
Mamparo de colisión de popa	11,24	6,00	11,18	67,42	125,61
Mamparo de cámara de máquinas	16,99	34,82	7,98	591,63	135,59
Proa bodega 1	19,29	53,72	7,34	1.036,43	141,57
Proa bodega 2	19,18	81,62	7,35	1.565,76	140,98
Proa bodega 3	14,52	109,54	8,10	1.591,03	117,68
Proa bodega 4	7,95	131,24	9,20	1.043,02	73,14
Proa bodega 5	5,76	143,64	13,72	826,66	78,98
Mamparo de colisión de proa	4,66	152,93	7,42	712,48	34,55
Pique de popa	7,87	3,26	9,30	25,65	73,14
Pique de proa	5,64	154,78	6,13	872,27	34,56
Cámara de máquinas	330,71	18,79	9,98	6.214,07	3.300,50
Codaste y mecha del timón	95,36	2,01	10,52	191,67	1.003,17
Superestructura	558,57	21,28	22,65	11.886,27	12.651,50
Guardacalor y chimenea	83,91	6,47	20,88	542,90	1.752,04
Tanques de cámara de máquinas	130,49	22,30	10,79	2.909,88	1.407,96
Castillo de proa	78,01	141,66	15,99	11.051,51	1.247,68
Subtotal	4.047,60	51,44	10,34	218.627,35	43.929,85
5% margen	202,38	21,93	13,97	4.438,19	2.827,25
Total	**4.249,98**	**52,49**	**11,00**	**223.065,54**	**46.757,10**

3-. PESO DEL EQUIPO Y HABILITACIÓN

Para el cálculo del peso del equipo se ha seguido el método iterativo por servicios expuesto en el libro "Ecuación del desplazamiento, peso en rosca y peso muerto" de D. Manuel Meizoso y D. José Luis García.

3.1-. Peso de la protección anticorrosión

Lo podemos dividir entre el peso de la pintura del buque y el peso de la protección catódica.

Para buques de peso de acero entre 2.000 y 12.000 t, como es nuestro caso, la expresión que nos da el peso de la pintura es:

$$W_{pintura} = 0{,}00626 \cdot W_{acero} = 0{,}00626 \cdot 4.249{,}98 = 26{,}60t$$

El peso de la protección catódica del casco por ánodos de sacrificio es función de la superficie mojada, del tiempo que deseamos que dure la protección (estimaremos que sea de 5 años) y el tipo de ánodos que empleamos (elegimos aluminio de alto rendimiento):

$$W_{p.catódica} = 0{,}0004 \cdot S_m \cdot a \cdot y = 0{,}0004 \cdot 4.930{,}66 \cdot \frac{3{,}5}{12} \cdot 5 = 2{,}9t$$

La posición del centro de gravedad de este apartado se considera coincidente con la posición del centro de gravedad del peso de la estructura.

3.2-. Peso del equipo de amarre y fondeo

Sabemos que nuestro numeral de equipo es de 2.055, y a este numeral de equipo le corresponden unos pesos de elementos de amarre y de fondeo de 150 t, según las tablas incluidas en la publicación mencionada al principio del apartado 3.

La posición del centro de gravedad se considera coincidente con la posición de las cajas de cadenas, que es X_G = 151,69 m.

3.3-. Peso del equipo de navegación

El peso de estos equipos se estima según el método en 2 t.

La posición del centro de gravedad coincide con la del total del equipo y habilitación.

3.4-. Peso del equipo de gobierno

Se calcula conociendo el área del timón y la velocidad del buque en pruebas:

$$W = 0{,}0224 \cdot A_{timón} \cdot v^{2/3} + 2 = 0{,}0224 \cdot 26{,}03 \cdot 19{,}5^{2/3} + 2 = 6{,}22t$$

La situación del centro de gravedad se encuentra en la posición de la perpendicular de popa; es decir, X_G = 0 m.

3.5-. Peso de los equipos de salvamento y contraincendios

El peso del equipo de salvamento se obtiene en función del número de tripulantes en el buque, que en nuestro caso es de 30:

$$W = 9{,}5 + (n - 35) \cdot 0{,}1 = 9{,}5 + (30 - 35) \cdot 0{,}1 = 9t$$

Para el equipo de contraincendios, según la normativa vigente, ya sólo es necesario llevar dispositivos contraincendios de CO_2 en cámara de máquinas, por lo que la expresión que nos da el peso de este equipo está en función del volumen de ésta.

$$W = 0{,}0025 \cdot V = 0{,}0025 \cdot 8372{,}45 = 20{,}93t$$

El centro de gravedad se encuentra en la posición del centro de gravedad del resto del equipo y la habilitación.

3.6-. Peso del equipo de acondicionamiento de bodegas

La ventilación de bodegas se hace por ventilación natural, mediante unos manguerotes situados en cubierta sobre cada bodega. Para estimar el peso del equipo de ventilación se emplea el volumen de cada una de las bodegas a ventilar y el puntal del barco (14,4 m); así, con la expresión:

$$W = 0{,}00015 \cdot V + 0{,}0031 \cdot D \cdot V^{0{,}5}$$

obtenemos los pesos por bodega de la siguiente tabla. El centro de gravedad longitudinal se encuentra en la posición del centro de volúmenes de las propias bodegas, que es el que se muestra en la siguiente tabla:

BODEGA	V_{bodega} (m^3)	W (t)	X_G (m)
1E	2.857,62	2,81	40,10
1B	2.857,62	2,81	40,10
2E	4.395,40	3,62	66,13
2B	4.395,40	3,62	66,13
3E	3.952,68	3,40	96,38
3B	3.952,68	3,40	96,38
4E	1.786,82	2,15	122,39
4B	1.786,82	2,15	122,39
5E	744,07	1,33	139,62
5B	744,07	1,33	139,62
	TOTAL	**26,63**	**84,79**

3.7-. Peso de las puertas de acero

Se estima mediante la expresión:

$$W = 0{,}56 \cdot (NH + 1) + 0{,}28 \cdot NC$$

Siendo NH el número de cubiertas de alojamiento (en nuestro caso, NH = 4), y NC el número de casetas (en nuestro caso, NC = 2). Con estos valores, tenemos que el peso de las puertas de acero es de 3,36 t.

3.8-. Peso de portillos y ventanas

Se estima en función del número de tripulantes con la expresión:

$$W = 0{,}12 \cdot N = 0{,}12 \cdot 30 = 3{,}6t$$

3.9-. Peso de escaleras exteriores

Se han dispuesto dos escaleras exteriores, una a cada banda, y así, el peso de éstas está en función del número de cubiertas de alojamiento:

$$W = 0{,}8 \cdot NH + 0{,}6 = 0{,}8 \cdot 4 + 0{,}6 = 3{,}8t$$

3.10-. Peso de la escala real y planchadas

Se ha dispuesto que el buque lleve una escala de 14,3 m a cada banda, y su peso será:

$$W = n \cdot 0{,}15 \cdot ES = 2 \cdot 0{,}15 \cdot 14{,}3 = 4{,}29t$$

La posición longitudinal del centro de gravedad de los cuatro últimos apartados se sitúa en la posición del centro de gravedad del resto del equipo y habilitación.

3.11-. Peso de las tapas de escotillas

El peso está dado por la expresión del método estimativo del Lloyd's:

$$W = 0{,}247 \cdot A$$

donde A es el área de la tapa de la bodega. Así, en la siguiente tabla se recogen los pesos y posiciones longitudinales del centro de gravedad de cada tapa y el total.

BODEGA	$A_{escotilla}$ (m^2)	W_{tapa} (t)	X_G (m)
1E	124,0	30,63	40,10
1B	124,0	30,63	40,10
2E	173,6	42,88	66,13
2B	173,6	42,88	66,13
3E	173,6	42,88	96,38
3B	173,6	42,88	96,38
4E	93,0	22,97	122,39
4B	93,0	22,97	122,39
5E	18,7	4,62	139,62
5B	18,7	4,62	139,62
	TOTAL	**287,96**	**80,94**

3.12-. Peso de la habilitación

Para este cálculo nos basamos en el área que ocupa, que es de 1.609 m^2, por lo que:

$$W = 0{,}16 \cdot A = 0{,}16 \cdot 1.609 = 257{,}37t$$

Se han incluido unos márgenes de error en cada elemento calculado. El centro de la habilitación se supone coincidente con el centro de gravedad del volumen de la misma, que es X_G = 20,42 m.

3.13-. Peso del equipo de manejo de la carga

El peso de estos equipos de estima en función del peso de las grúas situadas en cubierta, cuyo peso hemos obtenido por la fórmula:

$$W = a + \left(A_{gr} - b\right) \cdot c$$

Para grúas con nuestras características, el valor de los coeficientes es: a = 42, b = 20 y c = 2,8. Con todo ello, el peso total de cada grúa será:

$$W = 42 + (26 - 20) \cdot 2{,}8 = 58{,}8t$$

y el peso total es: W = 235,20 t.

La posición longitudinal del centro de gravedad será: X_G = 81,63 m.

3.14-. Peso y centro de gravedad del equipo y habilitación

El peso total se calcula como suma de cada apartado de este epígrafe; la posición longitudinal se estima a partir de la posición estimada en los anteriores puntos; y la posición vertical del centro de gravedad se estima globalmente según la siguiente fórmula empírica, ya que es muy complicado conocer los valores de cada una de las partidas anteriores:

Para buques con una eslora entre perpendiculares comprendida entre 125 y 250 m, como es nuestro caso:

$$Z_G = D + 1{,}25 + 0{,}01 \cdot (L_{pp} - 125) = 15{,}95m$$

Con lo cual, los valores del peso y las coordenadas del centro de gravedad serán:

$$W_T = 1.039{,}28t$$
$$X_G = 71{,}48m$$
$$Z_G = 15{,}95m$$

4-. PESO DE LA MAQUINARIA

El peso de la maquinaria del buque es más difícil estimar debido a la gran variedad de elementos que la componen. Lo calcularemos haciendo uso del método recomendado por LRS para el cálculo del peso de la maquinaria; este método se basa en descomponer el peso de la maquinaria (WQ) entre el peso de la maquinaria propulsora (WQP) y resto de maquinaria (WQR).

El peso de la maquinaria propulsora se divide a su vez en el peso del motor principal (WME) y el peso del resto de la maquinaria propulsora (WRP). Así, tendremos:

4.1-. Peso del motor principal (WME)

El peso del motor propulsor se obtiene fácilmente a partir de los catálogos del fabricante. Así, nuestro motor tiene un peso de 470 t. Del mismo modo, el peso de los auxiliares será de 13,6 t.

La posición del centro de gravedad se sitúa en la posición aproximada del centro de gravedad del motor (en la mitad de la posición del motor aproximadamente), y sus coordenadas son:

X_G = 19,30 m

Z_G = 7,71 m

4.2-. Peso del resto de la maquinaria propulsora (WRP)

Dentro de este apartado se incluyen los equipos necesarios para que el motor principal funcione, son los equipos pertenecientes a los siguientes sistemas:

- Sistema de combustible.
- Sistema de aceite lubricante.
- Sistema de aire comprimido.
- Sistema de refrigeración.
- Sistema de generación y distribución eléctrica (generadores, alternadores, cuadros, baterías, cables, aparamenta).
- Sistema de lastre y sentinas.
- Sistema sanitario (no la parte de habilitación).
- Exhaustación, ventilación y extracción en cámara de máquinas.
- Pañoles y talleres en cámara de máquinas.
- Alumbrado (excepto en habilitación).
- Sistema de elevación en cámara de máquinas.

La expresión de LRS para este apartado es la siguiente:

$$WRP = c \cdot BHP^{d}$$

Siendo BHP la potencia del motor principal en BHP (en nuestro caso es BHP = 27.302 BHP) y c y d coeficientes que dependen del tipo de buque y el tipo de motor; en nuestro caso será: c = 0,56, d = 0,70, y obtendremos un peso de WRR = 713,72 t.

La posición del centro de gravedad de este elemento se encuentra aproximadamente en el centro de gravedad de la cámara de máquinas:

X_G = 18,79 m

Z_G = 9,98 m

4.3-. Peso del resto de la maquinaria (WQR)

Para motores diesel lentos, como es nuestro caso, la expresión que determina el peso de esta maquinaria se centra básicamente en calcular el peso de la línea de ejes fuera de cámara de máquinas y el resto de equipos incluidos en cámara de máquinas, se utiliza la siguiente expresión:

$$WQR = h \cdot E_j \cdot \left(j \cdot L_{pp} + 5\right) + k \cdot V_{CM}$$

donde: E_j = longitud de la línea de ejes fuera de la cámara de máquinas. En nuestro caso será de 3 m.

L_{pp} = eslora entre perpendiculares. La nuestra es 154,96 m.

V_{CM} = volumen de la cámara de máquinas. Para nuestro barco es, 8.372,45 m^3. como ya se ha expuesto anteriormente.

h, j = constantes que, para una única línea de ejes son:

h = 1
j = 0,0164

k = constante que en caso de portacontenedores y graneleros es igual a 0,0295. Utilizamos ese mismo valor, pues nuestro

buque se encuentra entre los dos tipos de buque mencionados.

Con los datos expuestos podemos calcular el peso del resto de la maquinaria:

$$WQR = 1 \cdot 3 \cdot (0{,}0164 \cdot 154{,}96 + 5) + 0{,}0295 \cdot 8.372{,}45 = 270{,}66t$$

La posición del centro de gravedad de esta parte del equipo se considera coincidente con la del centro de gravedad geométrico del eje fuera de cámara de máquinas, que es:

X_G = 8,59 m Z_G = 3,86 m

4.4-. Peso total de la maquinaria (WQ)

En la siguiente tabla se recogen todos los pesos y posiciones de los centros de gravedad estimados, al igual que el peso total y la posición final del centro de gravedad de la maquinaria:

ELEMENTO	PESO (t)	X_G (m)	Z_G (m)
Peso del motor principal (WME)	470	19,30	7,71
Peso del resto de la maquinaria propulsora (WRP)	713,72	18,79	9,98
Peso del resto de la maquinaria (WQR)	270,66	8,59	3,86
Peso total de la maquinaria (WQ)	**1.454,38**	**17,06**	**8,11**

5-. PESO EN ROSCA

La combinación de las tres partidas anteriores nos da el peso en rosca total del buque:

	PESO (t)	XG (m)	ZG (m)
Acero	4.249,98	52,49	11,00
Equipo y Habilitación	1.039,28	71,48	15,95
Maquinaria	1.454,38	17,06	8,11
ROSCA	**6.743,64**	**47,77**	**11,14**

6-. BIBLIOGRAFÍA

- Detailed Design of Ship Propellers. Gonzalo Pérez, Juan Gómez Adalid
- Apuntes de Máquinas Auxiliares. Jesús Panadero
- Apuntes de Construcción Naval I. Vol. 1, 2, 3 y 4. E.T.S.I.N.
- Proyecto Básico del Buque Mercante.
- Teoría del Motor Diesel. Volumen I. Álvaro Zurita
- Apuntes de Teoría del Buque de Casco y Máquinas. E.T.S.I.N.
- Apuntes de Construcción Naval II. E.T.S.I.N.
- Apuntes de Equipos y Servicios. E.T.S.I.N.
- Apuntes de la Cátedra de Proyectos de la E.T.S.I.N.

BUQUE POLIVALENTE 20000 TPM

CUADERNO Nº 9
CONDICIONES DE CARGA, RESISTENCIA LONGITUDINAL Y ESTABILIDAD

Proyecto nº 1674
Tutor: D. Francisco Alonso Thous

Jesús Enrique Terciado Terciado

Antonio Villalba Herreros

INDICE

1-. INTRODUCCIÓN

En el presente cuadernillo se estudia el comportamiento del buque en las distintas situaciones de carga. Este estudio incluye la estabilidad, calados mínimos, asientos máximos y la resistencia estructural cumpliendo, en cada situación, con los criterios recogidos en los convenios MARPOL 73/78 y SOLAS 74 y enmiendas posteriores.

Todos los cálculos aquí expuestos se han realizado con el programa de cálculo naval “Hydromax”.

2-. METODOLOGÍA

El proceso seguido en esta parte del proyecto ha sido la siguiente:

1. Confección de una lista con las condiciones de carga aplicables al buque, definiendo los factores de estiba de la carga en función del peso muerto, el volumen de las bodegas disponible, el transporte o no de aceites vegetales y de contenedores.
2. Cálculos de los valores de calados mínimos y trimados máximos para el buque.
3. Estudio de cada condición de carga obteniendo los valores de equilibrio del buque en aguas tranquilas, así como la distribución de esfuerzos del buque debido a los pesos del mismo y la carga. Para cargar el buque se han seguido las siguientes premisas:
    a. Se procurará la distribución de los líquidos en los tanques de forma que estos estén llenos o vacíos, de forma que no tengamos efectos de superficies libres.
    b. Se respetarán los criterios de calados mínimos y trimado máximo. Además se procurará que el asiento del buque sea el menor posible aunque se cumplan con los calados reglamentarios.

c. La carga y el lastre serán distribuidos de forma que los esfuerzos sobre la estructura se minimicen; así evitaremos lastres con grandes brazos o distribuciones de carga asimétricas.

d. Se calculará el factor de estiba de carga homogénea que haga que, ocupando todo el volumen de bodegas, se alcancen las TPM prescritas para este proyecto. Al estudiar las condiciones de carga con factores de estiba menores no cargaremos el buque más allá de la capacidad de carga prescrita.

e. Para cada factor de estiba se calculan las condiciones de carga con el 100% de consumibles (salida de puerto) y con el 10% de los mismos (llegada a puerto). La distribución de la carga transportada y su distribución en ambos casos será la misma. Lo único que variará es la cantidad de consumibles y el lastre del buque.

4. Estudio de los criterios de estabilidad de IMO y MARPOL aplicables a todos los tipos de buques. Estos criterios son los siguientes:

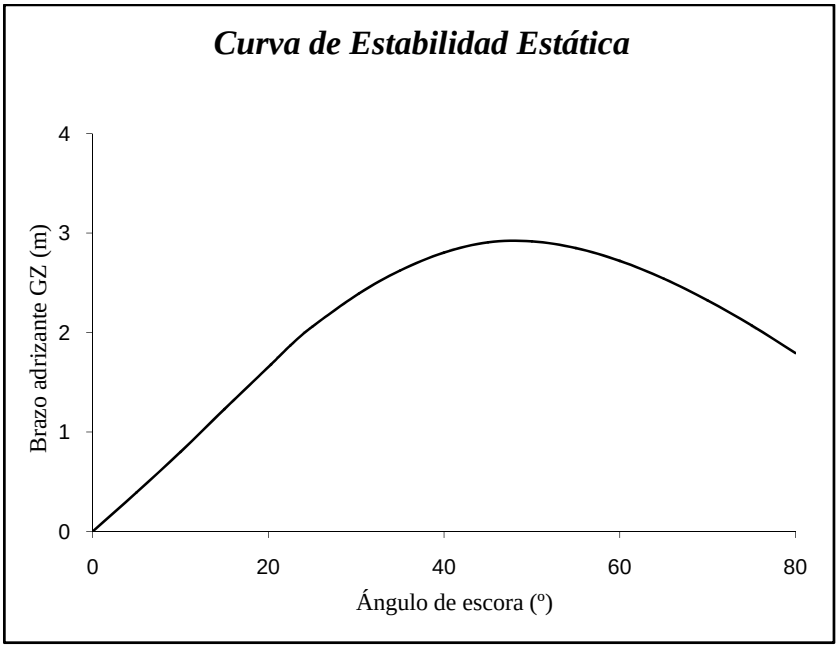
   a. El área por debajo de la curva GZ (curva de brazos adrizantes, cuya ecuación es: $GZ = KN - KG \cdot \text{sen}\theta$, siendo θ el ángulo de escora) hasta 30º no será inferior a 0,055 m · rad.

   b. El área por debajo de la curva GZ hasta (X) grados no será inferior a 0,09 m · rad.

   c. El área por debajo de la curva comprendida entre 30 grados y (X) grados no será inferior a 0,03 m · rad. Donde X será tomado como un ángulo de 40º o menor al cual puede quedar sumergido cualquier borde interior de

abertura en el casco, superestructura o caseta, quedando por debajo de la cubierta y no puede ser cerrado de manera estanca. En nuestro caso este ángulo corresponde al de inmersión del mamparo longitudinal de la superestructura, que igual a 38º.

d. El máximo brazo adrizante GZ, no será menor de 0,2 m y ocurrirá en un ángulo que, preferentemente, será mayor de 30º, y nunca será inferior a 25º.



e. La altura metacéntrica inicial, GM_0, corregida por una superficie libre medida a un ángulo de 0º, no será menor de 0,150 m.

f. Criterio de viento, según el cual se debe demostrar la capacidad del buque para resistir los efectos combinados del viento de través y del balance respecto de cada condición de carga de forma que:

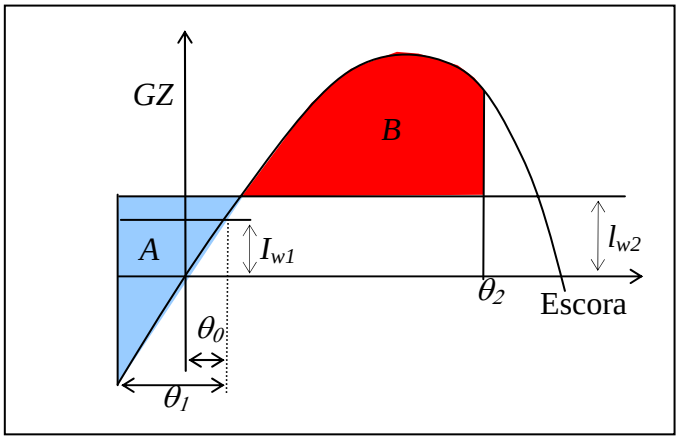
   i. Se somete al buque a una presión constante de viento de 504 $N \cdot m^{-2}$, perpendicular al plano de

crujía, que producirá un par escorante, l_{w1}.

ii. Se supondrá que a partir del ángulo de equilibrio resultante, $\tilde{\theta}$, el buque se balancea por la acción de las olas, hasta alcanzar un ángulo de balance, θ_I, a barlovento.

iii. A continuación, se someterá al buque a la presión de una ráfaga de viento que dará como resultado el correspondiente brazo escorante, lw2.

iv. En estas circunstancias, el área B debe ser igual o mayor que el área A.



5. Una vez comprobada la validez de cada condición de carga se dará el trabajo por terminado.

3-. SITUACIONES DE CARGA

3.1-. Relación de las situaciones de carga

Como ya hemos mencionado antes, las situaciones de carga estudiadas serán las exigidas por el reglamento SOLAS para buques que puedan carga general paletizada y contenedores. Se incluyen, así mismo, condiciones de carga representativas del transporte de contenedores, así como las condiciones de navegación en lastre y con plena carga homogénea con y sin contenedores en

cubierta. De esta forma cubriremos la totalidad de las situaciones que el buque podrá encontrarse a lo largo de su vida operativa. Además al disponer el buque de tanques para el transporte de aceites vegetales, se han estudiado las condiciones de carga con estos tanques llenos y vacíos.

Las condiciones de carga a estudiar son las siguientes:

1. Lastre, 100% consumos.
2. Lastre 10% consumos.
3. Carga homogénea, 100% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.
4. Carga homogénea, 10% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.
5. Carga homogénea con contenedores en cubierta, 100% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.
6. Carga homogénea con contenedores en cubierta, 10% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.
7. Carga homogénea 1,25 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.
8. Carga homogénea 1,25 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.
9. Carga homogénea 1,40 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.
10. Carga homogénea 1,40 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.
11. Carga homogénea 1,55 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.
12. Carga homogénea 1,55 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.
13. Carga homogénea 1,80 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.
14. Carga homogénea 1,80 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites

vegetales llenos.

15. Carga homogénea, 100% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.
16. Carga homogénea, 10% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.
17. Carga homogénea con contenedores en cubierta, 100% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.
18. Carga homogénea con contenedores en cubierta, 10% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.
19. Carga homogénea 1,25 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.
20. Carga homogénea 1,25 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.
21. Carga homogénea 1,40 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.
22. Carga homogénea 1,40 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.
23. Carga homogénea 1,55 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.
24. Carga homogénea 1,55 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.
25. Carga homogénea 1,80 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.
26. Carga homogénea 1,80 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.
27. Contenedores en bodegas y cubierta, 100% consumos.
28. Contenedores en bodegas y cubierta, 10% consumos.

3.2-. Cálculo de los factores de estiba

En la condición de plena carga homogénea, la carga homogénea es aquella con una densidad tal que, llenando todo el volumen de bodegas disponible

(24.600 m^3), y con el 100% de consumibles, consigue que el buque alcance las 20.000 toneladas de peso muerto requeridas por la especificación.

Tanques de aceites vegetales llenos. En este caso a los 20.000 TPM además de quitarles el peso de los consumibles debemos también quitarles el peso del aceite transportado que tiene un factor de estiba diferentee igual a la inversa de su densidad. Con este descuento nos queda un factor de estiba de **1,46 m^3/t**. El peso del aceite transportado asciende a 192,4 t.

Tanques de aceites vegetales vacíos. Ahora el factor de estiba será menor ya que tenemos que meter mayor peso en un volumen menor (volumen de bodegas menos el volumen de los tanques). De esta forma nos queda ahora un factor de estiba de **1,44 m^3/t**.

Los dos factores de estiba anteriores son menores que los siguientes casos a estudiar: 1,55 m^3/t y 1,80 m^3/t, luego, para esos casos el buque tiene las bodegas llenas y no se alcanzarán las 20.000 TPM.

Carga homogénea con contenedores en cubierta. En este caso lo que se ha hecho es suponer un peso de 20 t por TEU embarcado. A continuación hemos cargado el buque enteramente con contenedores y hemos cogido los contenedores que están sobre cubierta. Ahora, de la capacidad de carga del buque hemos descontado el peso de estos contenedores y hemos dividido el volumen de bodegas entre este peso. El factor de estiba correspondiente para este caso es de **1,70 m^3/t**.

En el Anexo I puede verse la capacidad de grano de cada bodega en función de los distintos factores de estiba y la capacidad de cada compartimento de carga.

3.3-. Calados mínimos y trimado máximo exigido

Calados mínimos. Según establece MARPOL 73/78 y SOLAS 74:

a. Calado mínimo en la mitad de la eslora:

$$T_{\min} = 2 + 0{,}02 \cdot L_{pp} = 5{,}10m$$

b. Es conveniente que el calado en popa sea tal que la hélice quede totalmente sumergida. Además, se recomienda una distancia de la superficie a la punta de la pala del 10% del diámetro de la hélice.

$$D_{hélice} = 7{,}44m$$
$$10\% D_{hélice} = 0{,}744m$$
$$T_{\min Pp} = 8{,}18m$$

c. El calado mínimo en proa, en condiciones de lastre salida y llegada es conveniente que no sea menor de 0,045 · L. Si no se alcanzase este calado habría que reforzar el fondo en proa.

$$T_{\min} = 0{,}045 \cdot L = 6{,}97m$$

<u>Asientos máximos.</u> Según los citados convenios:

a. El asiento máximo en cualquier condición de carga será menor que el 1,5% de la eslora entre perpendiculares.

$$Trim_{máx} = 0{,}015 \cdot L_{pp} = 2{,}32m$$

3.4-. Condiciones de carga del buque

1. <u>Lastre, 100% consumos</u>

Esta condición y la siguiente de llegada a puerto en lastre son los casos que exigen la utilización de la bodega número 3 como espacio de lastre. Como se ve en la tabla de los datos de equilibrio del buque, no se alcanza el calado mínimo en proa, por lo que el fondo de la parte de proa del buque estará reforzado para contrarestar los efectos de macheteo del buque. En los dos casos sí que tenemos la hélice completamente sumergida.

Tanques de agua					
Tanque de agua dulce B	100%	127,4	-0,02	13,093	-6,611
Tanque de agua dulce E	100%	103,7	-0,719	13,103	6,467
Tanque de agua dulce destilada	100%	23,79	3,007	13,051	7,229
Total Tanques de Agua		254,9	-0,022	13,094	0,003
Tanques varios					
Tanque de aguas aceitosas	0%	0	9,212	1,133	0
Tanque de lodos	0%	0	13,154	8,19	-7,324
Tanque derrames	0%	0	13,313	1,007	0
Tanque de retorno	0%	0	18,462	0,94	0
Tanque de reboses	0%	0	26,356	1,125	-2,749
Total Tanques varios		0	15,724	1,975	-1,862
Tanques de aceites					
Tanque almacén aceite M.P.	100%	15,77	23,358	11,688	-9,88
Tanque almacén aceite MM.AA.	100%	8,22	23,358	13,007	9,956
Tanque de aceite sucio	0%	0	24,674	0,923	0
Total Tanques de aceite		23,99	23,358	12,14	-3,084
Tanques de D.O.					
Tanque almacén D.O. B	100%	43,96	24,669	11,677	-9,81
Tanque almacén D.O. E	100%	43,96	24,669	11,677	9,81
Tanque servicio diario D.O.	100%	28,74	16,482	11,757	-9,577
Total Tanques de D.O.		116,7	22,652	11,696	-2,36
Tanques de F.O.					
Tk. FO. Popa Er	100%	212	-0,606	15,9	5,082
Tk. FO. Popa Br	100%	212	-0,606	15,9	-5,082
Tk. FO. cub. pp. E.	100%	79,6	26,633	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pp. CE.	100%	79,6	26,633	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pp. CB.	100%	79,6	26,633	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pp. B.	100%	79,6	26,633	15,9	-9,375
Tk. FO. medio Er	100%	123,9	31,715	9,9	7
Tk. FO. medio C	100%	92,9	31,715	9,9	0
Tk. FO. medio Br	100%	123,9	31,715	9,9	-7
Tk. FO. alto Er	100%	123,9	31,715	12,9	7
Tk. FO. alto C	100%	92,9	31,715	12,9	0
Tk. FO. alto Br	100%	123,9	31,715	12,9	-7
Tk. FO. cub. pr. E.	100%	96,8	31,715	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pr. CE	100%	96,8	31,715	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pr. CB	100%	96,8	31,715	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pr. B	100%	96,8	31,715	15,9	-9,375
Tk. FO. bajo Er	100%	165,1	31,843	5,867	5,826
Tk. FO. bajo C	100%	213,7	31,715	4,95	0

Tk. FO. bajo Br	100%	165,1	31,843	5,867	-5,826
Tanque servicio diario F.O. B	100%	62,8	20,134	11,837	-11,159
Tanque servicio diario F.O. E	100%	35,23	20,098	13,023	11,254
Tanque sedimentación F.O. E	100%	52,4	27,943	11,4	9,6
Tanque sedimentación F.O. B	100%	52,4	27,943	11,4	-9,6
Total tanques de F.O.		2558	25,143	12,167	-0,119
Tanques de lastre					
Pique de popa					
pique de popa	0%	0	3,26	9,295	0
Anillo tanques de F.O.					
lastre tk. FO: bajo Er	100%	83,7	31,52	4,812	8,697
lastre tk. FO: bajo Br	100%	83,7	31,52	4,812	-8,697
lastre tk. FO: medio Er	0%	0	32,079	9,94	11,682
lastre tk. FO: medio Br	0%	0	32,079	9,94	-11,682
lastre tk. FO: alto Er	0%	0	32,032	12,908	11,741
lastre tk. FO: alto Br	0%	0	32,032	12,908	-11,741
1º Anillo de carga					
dfb1e	0%	0	44,402	0,825	4,155
dfb1b	0%	0	44,402	0,825	-4,155
lastreb1e	0%	0	43,449	4,704	10,705
lastreb1b	0%	0	43,449	4,704	-10,705
lastre e2b1e	0%	0	44,498	9,906	11,739
lastre e2b1b	0%	0	44,498	9,906	-11,739
lastre e1b1e	0%	0	44,435	12,901	11,749
lastre e1b1b	0%	0	44,435	12,901	-11,749
2º Anillo de carga					
dfb2e	100%	462,1	67,678	0,788	5,566
dfb2b	100%	462,1	67,678	0,788	-5,566
lastreb2e	100%	280,2	67,619	5,012	11,706
lastreb2b	100%	280,2	67,619	5,012	-11,706
lastre e2b2e	100%	125,8	67,634	9,901	11,748
lastre e2b2b	100%	125,8	67,634	9,901	-11,748
lastre e1b2e	100%	126	67,665	12,9	11,75
lastre e1b2b	100%	126	67,665	12,9	-11,75
3º Anillo de carga					
dfb3e	100%	316,4	93,713	0,814	4,077
dfb3b	100%	316,4	93,713	0,814	-4,077
lastreb3e	100%	354,6	96,343	4,691	9,649
lastreb3b	100%	354,6	96,343	4,691	-9,649
lastre e2b3e	100%	108,6	95,689	9,895	11,192
lastre e2b3b	100%	108,6	95,689	9,895	-11,192
lastre e1b3e	100%	111,9	94,994	12,922	11,573
lastre e1b3b	100%	111,9	94,994	12,922	-11,573
4º Anillo de carga					
dfb4e	100%	106,8	118,876	0,859	1,852
dfb4b	100%	106,8	118,876	0,859	-1,852

lastreb4e	100%	242,7	119,669	4,798	5,823
lastreb4b	100%	242,7	119,669	4,798	-5,823
lastre e2b4e	100%	75,1	119,532	9,881	8,264
lastre e2b4b	100%	75,1	119,532	9,881	-8,264
lastre e1b4e	100%	78,6	120,151	12,94	9,179
lastre e1b4b	100%	78,6	120,151	12,94	-9,179
5º Anillo de carga					
dfb5e	100%	64,5	134,992	2,053	1,267
dfb5b	100%	64,5	134,992	2,053	-1,267
lastreb5e	100%	44,82	135,127	5,705	3,141
lastreb5b	100%	44,82	135,127	5,705	-3,141
lastre e2b5e	100%	35,65	137,332	9,96	4,013
lastre e2b5b	100%	35,65	137,332	9,96	-4,013
lastre e1b5e	100%	42,93	137,218	12,929	5,359
lastre e1b5b	100%	42,93	137,218	12,929	-5,359
Empujador					
df empujador	100%	31,77	143,962	0,892	0
Pique de proa					
pique de proa	100%	259,7	152,57	7,151	0
Total Tanques de lastre		5612	93,559	5,253	0
Tanques de aceite vegetal					
b5e	0%	0	134,862	6,233	1,404
b5b	0%	0	134,862	6,233	-1,404
Total Tanques de aceite vegetal		0	111,464	5,611	0
Espacios de carga seca					
1º Anillo de carga					
b1e	1	0	44,8	5,1	5,1
b1b	1	0	44,8	5,1	-5,1
e2b1e	1	0	44,4	9,9	5,5
e2b1b	1	0	44,4	9,9	-5,5
e1b1e	1	0	44,2	13,1	5,5
e1b1b	1	0	44,2	13,1	-5,5
Escotilla 1e	1	0	42,88	18,541	5,4
Escotilla 1b	1	0	42,88	18,541	-5,4
2º Anillo de carga					
b2e	1	0	67,7	5	5,5
b2b	1	0	67,7	5	-5,5
e2b2e	1	0	67,7	9,9	5,5
e2b2b	1	0	67,7	9,9	-5,5
e1b2e	1	0	67,7	13,4	5,5
e1b2b	1	0	67,7	13,4	-5,5
Escotilla 2e	1	0	67,68	18,541	5,4
Escotilla 2b	1	0	67,68	18,541	-5,4
3º Anillo de carga					

b3e	1	0	94,5	5,2	4,6
b3b	1	0	94,5	5,2	-4,6
e2b3e	1	0	95,2	9,9	5,3
e2b3b	1	0	95,2	9,9	-5,3
e1b3e	1	0	95,5	13,4	5,5
e1b3b	1	0	95,5	13,4	-5,5
Escotilla 3e	1	0	95,58	18,541	5,4
Escotilla 3b	1	0	95,58	18,541	-5,4
4º Anillo de carga					
b4e	1	0	119	5,4	2,7
b4b	1	0	119	5,4	-2,7
e2b4e	1	0	119,4	9,9	3,9
e2b4b	1	0	119,4	9,9	-3,9
e1b4e	1	0	119,7	13,4	4,3
e1b4b	1	0	119,7	13,4	-4,3
Escotilla 4e	1	0	120,38	18,541	4,4
Escotilla 4b	1	0	120,38	18,541	-4,4
5º Anillo de carga					
e2b5e	1	0	136,5	10	1,9
e2b5b	1	0	136,5	10	-1,9
e1b5e	1	0	136,8	13	2,5
e1b5b	1	0	136,8	13	-2,5
Escotilla 5e	1	0	137,41	20,695	2,9
Escotilla 5b	1	0	137,41	20,695	-2,9
Superestructura					
SpE	1	0	148,1	16,2	1
SeB	1	0	148,1	16,2	-1
Total Espacios de carga seca		0	94,5	5,2	-4,6
Peso del acero del casco					
Acero Casco	1	4250	69,563	9,093	0
Cámara de máquinas					
Maquinaria propulsora (7S65ME-C	1	470	25,09	6,91	0
Equipo de bombas MP	1	15	25,09	4	0
Línea de ejes	1	42	9,51	3,8	0
Hélice	1	19	4,06	3,8	0
Tubería y valvulería	1	190	20,32	9,5	0
Caldera	1	20	11	13	0
Motores auxiliares y alternador	1	120	11,33	9,7	0
Grupo de emergencia	1	40	13,86	17,9	0
Compresores Generadores	1	5	10,43	9,21	0
Bombas de carga y lastre	1	25	23,5	9,2	0
Pisos, tecles, escaleras, etc.	1	100	19,23	7,2	0
Tubería de exhaustación	1	40	13,37	12,8	0
Purificadoras y calentadoras	1	6	29,32	10,23	0

Electricidad	1	35	19,23	7,2	0
Ventilación mecánica de la CM	1	18	19,23	7,2	0
Bombas casco, taller, etc.	1	25	18,45	12,63	0
Bodegas 3e y 3b con lastre					
b3e	97%	1676	94,328	5,064	4,577
b3b	97%	1676	94,316	5,064	-4,577
	Total Weight=	17447	LCG=71,115 m	VCG=7,630 m	TGC=0 m

Draft Amidsh. m	7,3395
Displacement tonne	17447
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	6,428
Draft at AP m	8,251
Draft at LCF m	7,43
Trim (+ve by stern) m	1,823
WL Length m	153,702
WL Beam m	25,016
Wetted Area m^2	4288,356
Waterpl. Area m^2	2837,205
Prismatic Coeff.	0,597
Block Coeff.	0,541
Midship Area Coeff.	0,967
Waterpl. Area Coeff.	0,732
LCB from zero pt. m	71,074
LCF from zero pt. m	69,764
KB m	4,061
KG solid m	7,63
BMt m	6,957
BML m	211,492
GMt m	3,077
GML m	207,612
KMt m	11,018
KML m	215,553
Immersion (TPc) tonne/cm	29,081
MTc tonne.m	233,754
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	937,059
Max deck inclination deg	0,7
Trim angle (+ve by stern) deg	0,7

2. Lastre 10% consumos

Tanques de agua					
Tanque de agua dulce B	100%	127,4	-0,02	13,093	-6,611
Tanque de agua dulce E	100%	103,7	-0,719	13,103	6,467
Tanque de agua dulce destilada	100%	23,79	3,007	13,051	7,229
Total Tanques de Agua		254,9	-0,022	13,094	0,003
Tanques varios					
Tanque de aguas aceitosas	10%	1,536	10,046	0,347	-0,01
Tanque de lodos	10%	2,679	14,469	7,197	-6,641
Tanque derrames	10%	2,284	13,255	0,195	-0,021
Tanque de retorno	10%	3,375	18,358	0,153	-0,036
Tanque de reboses	10%	0,787	26,355	0,35	-2,178
Total Tanques varios		10,66	15,68	1,975	-1,847
Tanques de aceites					
Tanque almacén aceite M.P.	10%	1,577	23,357	9,155	-9,695
Tanque almacén aceite MM.AA.	10%	0,822	23,356	11,743	9,863
Tanque de aceite sucio	10%	3,102	24,54	0,129	-0,037
Total Tanques de aceite		5,5	24,024	4,453	-1,327
Tanques de D.O.					
Tanque almacén D.O. B	0%	0	24,669	11,677	-9,81
Tanque almacén D.O. E	0%	0	24,669	11,677	9,81
Tanque servicio diario D.O.	41%	11,78	16,482	10,138	-9,38
Total Tanques de D.O.		11,78	16,482	10,138	-9,38
Tanques de F.O.					
Tk. FO. Popa Er	0%	0	-0,606	15,9	5,082
Tk. FO. Popa Br	0%	0	-0,606	15,9	-5,082
Tk. FO. cub. pp. E.	0%	0	26,633	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pp. CE.	0%	0	26,633	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pp. CB.	0%	0	26,633	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pp. B.	0%	0	26,633	15,9	-9,375
Tk. FO. medio Er	0%	0	31,715	9,9	7
Tk. FO. medio C	0%	0	31,715	9,9	0
Tk. FO. medio Br	0%	0	31,715	9,9	-7
Tk. FO. alto Er	0%	0	31,715	12,9	7
Tk. FO. alto C	0%	0	31,715	12,9	0
Tk. FO. alto Br	0%	0	31,715	12,9	-7
Tk. FO. cub. pr. E.	0%	0	31,715	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pr. CE	0%	0	31,715	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pr. CB	0%	0	31,715	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pr. B	0%	0	31,715	15,9	-9,375

Tk. FO. bajo Er	0%	0	31,843	5,867	5,826
Tk. FO. bajo C	100%	213,7	31,715	4,95	0
Tk. FO. bajo Br	0%	0	31,843	5,867	-5,826
Tanque servicio diario F.O. B	100%	62,8	20,134	11,837	-11,159
Tanque servicio diario F.O. E	100%	35,23	20,098	13,023	11,254
Tanque sedimentación F.O. E	100%	52,4	27,943	11,4	9,6
Tanque sedimentación F.O. B	100%	52,4	27,943	11,4	-9,6
Total tanques de F.O.		416,5	28,037	8,294	-0,731
Tanques de lastre					
Pique de popa					
pique de popa	100%	146,9	3,26	9,295	0
Anillo tanques de F.O.					
lastre tk. FO: bajo Er	100%	83,7	31,52	4,812	8,697
lastre tk. FO: bajo Br	100%	83,7	31,52	4,812	-8,697
lastre tk. FO: medio Er	100%	25,39	32,079	9,94	11,682
lastre tk. FO: medio Br	100%	25,39	32,079	9,94	-11,682
lastre tk. FO: alto Er	100%	27,67	32,032	12,908	11,741
lastre tk. FO: alto Br	100%	27,67	32,032	12,908	-11,741
1º Anillo de carga					
dfb1e	100%	247,3	44,402	0,825	4,155
dfb1b	100%	247,3	44,402	0,825	-4,155
lastreb1e	100%	224,3	43,449	4,704	10,705
lastreb1b	100%	224,3	43,449	4,704	-10,705
lastre e2b1e	100%	82,8	44,498	9,906	11,739
lastre e2b1b	100%	82,8	44,498	9,906	-11,739
lastre e1b1e	100%	83,9	44,435	12,901	11,749
lastre e1b1b	100%	83,9	44,435	12,901	-11,749
2º Anillo de carga					
dfb2e	100%	462,1	67,678	0,788	5,566
dfb2b	100%	462,1	67,678	0,788	-5,566
lastreb2e	100%	280,2	67,619	5,012	11,706
lastreb2b	100%	280,2	67,619	5,012	-11,706
lastre e2b2e	100%	125,8	67,634	9,901	11,748
lastre e2b2b	100%	125,8	67,634	9,901	-11,748
lastre e1b2e	100%	126	67,665	12,9	11,75
lastre e1b2b	100%	126	67,665	12,9	-11,75
3º Anillo de carga					
dfb3e	100%	316,4	93,713	0,814	4,077
dfb3b	100%	316,4	93,713	0,814	-4,077
lastreb3e	100%	354,6	96,343	4,691	9,649
lastreb3b	100%	354,6	96,343	4,691	-9,649
lastre e2b3e	100%	108,6	95,689	9,895	11,192
lastre e2b3b	100%	108,6	95,689	9,895	-11,192
lastre e1b3e	100%	111,9	94,994	12,922	11,573
lastre e1b3b	100%	111,9	94,994	12,922	-11,573
4º Anillo de carga					

dfb4e	100%	106,8	118,876	0,859	1,852
dfb4b	100%	106,8	118,876	0,859	-1,852
lastreb4e	100%	242,7	119,669	4,798	5,823
lastreb4b	100%	242,7	119,669	4,798	-5,823
lastre e2b4e	100%	75,1	119,532	9,881	8,264
lastre e2b4b	100%	75,1	119,532	9,881	-8,264
lastre e1b4e	0%	0	120,151	12,94	9,179
lastre e1b4b	0%	0	120,151	12,94	-9,179
5º Anillo de carga					
dfb5e	0%	0	134,992	2,053	1,267
dfb5b	0%	0	134,992	2,053	-1,267
lastreb5e	0%	0	135,127	5,705	3,141
lastreb5b	0%	0	135,127	5,705	-3,141
lastre e2b5e	0%	0	137,332	9,96	4,013
lastre e2b5b	0%	0	137,332	9,96	-4,013
lastre e1b5e	0%	0	137,218	12,929	5,359
lastre e1b5b	0%	0	137,218	12,929	-5,359
Empujador					
df empujador	0%	0	143,962	0,892	0
Pique de proa					
pique de proa	0%	0	152,57	7,151	0
Total Tanques de lastre		6317	74,563	5,045	0
Tanques de aceite vegetal					
b5e	0%	0	134,862	6,233	1,404
b5b	0%	0	134,862	6,233	-1,404
Total Tanques de aceite vegetal		0	85,619	5,226	0
Espacios de carga seca					
1º Anillo de carga					
b1e	1	0	44,8	5,1	5,1
b1b	1	0	44,8	5,1	-5,1
e2b1e	1	0	44,4	9,9	5,5
e2b1b	1	0	44,4	9,9	-5,5
e1b1e	1	0	44,2	13,1	5,5
e1b1b	1	0	44,2	13,1	-5,5
Escotilla 1e	1	0	42,88	18,541	5,4
Escotilla 1b	1	0	42,88	18,541	-5,4
2º Anillo de carga					
b2e	1	0	67,7	5	5,5
b2b	1	0	67,7	5	-5,5
e2b2e	1	0	67,7	9,9	5,5
e2b2b	1	0	67,7	9,9	-5,5
e1b2e	1	0	67,7	13,4	5,5
e1b2b	1	0	67,7	13,4	-5,5
Escotilla 2e	1	0	67,68	18,541	5,4

Escotilla 2b	1	0	67,68	18,541	-5,4
3º Anillo de carga					
b3e	1	0	94,5	5,2	4,6
b3b	1	0	94,5	5,2	-4,6
e2b3e	1	0	95,2	9,9	5,3
e2b3b	1	0	95,2	9,9	-5,3
e1b3e	1	0	95,5	13,4	5,5
e1b3b	1	0	95,5	13,4	-5,5
Escotilla 3e	1	0	95,58	18,541	5,4
Escotilla 3b	1	0	95,58	18,541	-5,4
4º Anillo de carga					
b4e	1	0	119	5,4	2,7
b4b	1	0	119	5,4	-2,7
e2b4e	1	0	119,4	9,9	3,9
e2b4b	1	0	119,4	9,9	-3,9
e1b4e	1	0	119,7	13,4	4,3
e1b4b	1	0	119,7	13,4	-4,3
Escotilla 4e	1	0	120,38	18,541	4,4
Escotilla 4b	1	0	120,38	18,541	-4,4
5º Anillo de carga					
e2b5e	1	0	136,5	10	1,9
e2b5b	1	0	136,5	10	-1,9
e1b5e	1	0	136,8	13	2,5
e1b5b	1	0	136,8	13	-2,5
Escotilla 5e	1	0	137,41	20,695	2,9
Escotilla 5b	1	0	137,41	20,695	-2,9
Superestructura					
SpE	1	0	148,1	16,2	1
SeB	1	0	148,1	16,2	-1
Total Espacios de carga seca		0	44,8	5,1	5,1
Peso del acero del casco					
Acero Casco	1	4250	69,563	9,093	0
Cámara de máquinas					
Maquinaria propulsora (7S65ME-C	1	470	25,09	6,91	0
Equipo de bombas MP	1	15	25,09	4	0
Línea de ejes	1	42	9,51	3,8	0
Hélice	1	19	4,06	3,8	0
Tubería y valvulería	1	190	20,32	9,5	0
Caldera	1	20	11	13	0
Motores auxiliares y alternador	1	120	11,33	9,7	0
Grupo de emergencia	1	40	13,86	17,9	0
Compresores Generadores	1	5	10,43	9,21	0
Bombas de carga y lastre	1	25	23,5	9,2	0
Pisos, tecles, escaleras, etc.	1	100	19,23	7,2	0
Tubería de exhaustación	1	40	13,37	12,8	0

Purificadoras y calentadoras	1	6	29,32	10,23	0
Electricidad	1	35	19,23	7,2	0
Ventilación mecánica de la CM	1	18	19,23	7,2	0
Bombas casco, taller, etc.	1	25	18,45	12,63	0
Bodegas 3e y 3b con lastre					
b3e	97%	1676	94,322	5,064	4,585
b3b	97%	1676	94,315	5,064	-4,585
	Total Weight=	15899	LCG=71,163 m	VCG=6,690 m	TGC=0 m

Draft Amidsh. m	6,7995
Displacement tonne	15899
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	5,872
Draft at AP m	7,727
Draft at LCF m	6,883
Trim (+ve by stern) m	1,855
WL Length m	153,674
WL Beam m	25,017
Wetted Area m^2	4090,153
Waterpl. Area m^2	2775,14
Prismatic Coeff.	0,587
Block Coeff.	0,528
Midship Area Coeff.	0,968
Waterpl. Area Coeff.	0,716
LCB from zero pt. m	71,128
LCF from zero pt. m	70,531
KB m	3,76
KG solid m	6,69
BMt m	7,367
BML m	221,087
GMt m	4,086
GML m	217,806
KMt m	11,126
KML m	224,847
Immersion (TPc) tonne/cm	28,445
MTc tonne.m	223,465
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1133,888
Max deck inclination deg	0,7
Trim angle (+ve by stern) deg	0,7

3. Carga homogénea, 100% consumos, tanques de aceites vegetales llenos

Tanques de agua					
Tanque de agua dulce B	100%	127,4	-0,02	13,093	-6,611
Tanque de agua dulce E	100%	103,7	-0,719	13,103	6,467
Tanque de agua dulce destilada	100%	23,79	3,007	13,051	7,229
Total Tanques de Agua		254,9	-0,022	13,094	0,003
Tanques varios					
Tanque de aguas aceitosas	0%	0	9,212	1,133	0
Tanque de lodos	0%	0	13,154	8,19	-7,324
Tanque derrames	0%	0	13,313	1,007	0
Tanque de retorno	0%	0	18,462	0,94	0
Tanque de reboses	0%	0	26,356	1,125	-2,749
Total Tanques varios		0	15,724	1,975	-1,862
Tanques de aceites					
Tanque almacén aceite M.P.	100%	15,77	23,358	11,688	-9,88
Tanque almacén aceite MM.AA.	100%	8,22	23,358	13,007	9,956
Tanque de aceite sucio	0%	0	24,674	0,923	0
Total Tanques de aceite		23,99	23,358	12,14	-3,084
Tanques de D.O.					
Tanque almacén D.O. B	100%	43,96	24,669	11,677	-9,81
Tanque almacén D.O. E	100%	43,96	24,669	11,677	9,81
Tanque servicio diario D.O.	100%	28,74	16,482	11,757	-9,577
Total Tanques de D.O.		116,7	22,652	11,696	-2,36
Tanques de F.O.					
Tk. FO. Popa Er	100%	212	-0,606	15,9	5,082
Tk. FO. Popa Br	100%	212	-0,606	15,9	-5,082
Tk. FO. cub. pp. E.	100%	79,6	26,633	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pp. CE.	100%	79,6	26,633	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pp. CB.	100%	79,6	26,633	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pp. B.	100%	79,6	26,633	15,9	-9,375
Tk. FO. medio Er	100%	123,9	31,715	9,9	7
Tk. FO. medio C	100%	92,9	31,715	9,9	0
Tk. FO. medio Br	100%	123,9	31,715	9,9	-7
Tk. FO. alto Er	100%	123,9	31,715	12,9	7
Tk. FO. alto C	100%	92,9	31,715	12,9	0
Tk. FO. alto Br	100%	123,9	31,715	12,9	-7
Tk. FO. cub. pr. E.	100%	96,8	31,715	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pr. CE	100%	96,8	31,715	15,9	3,125

Tk. FO. cub. pr. CB	100%	96,8	31,715	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pr. B	100%	96,8	31,715	15,9	-9,375
Tk. FO. bajo Er	100%	165,1	31,843	5,867	5,826
Tk. FO. bajo C	100%	213,7	31,715	4,95	0
Tk. FO. bajo Br	100%	165,1	31,843	5,867	-5,826
Tanque servicio diario F.O. B	100%	62,8	20,134	11,837	-11,159
Tanque servicio diario F.O. E	100%	35,23	20,098	13,023	11,254
Tanque sedimentación F.O. E	100%	52,4	27,943	11,4	9,6
Tanque sedimentación F.O. B	100%	52,4	27,943	11,4	-9,6
Total tanques de F.O.		2.558	25,143	12,167	-0,119
Tanques de lastre					
Pique de popa					
pique de popa	0%	0	3,26	9,295	0
Anillo tanques de F.O.					
lastre tk. FO: bajo Er	0%	0	31,52	4,812	8,697
lastre tk. FO: bajo Br	0%	0	31,52	4,812	-8,697
lastre tk. FO: medio Er	0%	0	32,079	9,94	11,682
lastre tk. FO: medio Br	0%	0	32,079	9,94	-11,682
lastre tk. FO: alto Er	0%	0	32,032	12,908	11,741
lastre tk. FO: alto Br	0%	0	32,032	12,908	-11,741
1º Anillo de carga					
dfb1e	0%	0	44,402	0,825	4,155
dfb1b	0%	0	44,402	0,825	-4,155
lastreb1e	0%	0	43,449	4,704	10,705
lastreb1b	0%	0	43,449	4,704	-10,705
lastre e2b1e	0%	0	44,498	9,906	11,739
lastre e2b1b	0%	0	44,498	9,906	-11,739
lastre e1b1e	0%	0	44,435	12,901	11,749
lastre e1b1b	0%	0	44,435	12,901	-11,749
2º Anillo de carga					
dfb2e	0%	0	67,678	0,788	5,566
dfb2b	0%	0	67,678	0,788	-5,566
lastreb2e	0%	0	67,619	5,012	11,706
lastreb2b	0%	0	67,619	5,012	-11,706
lastre e2b2e	0%	0	67,634	9,901	11,748
lastre e2b2b	0%	0	67,634	9,901	-11,748
lastre e1b2e	0%	0	67,665	12,9	11,75
lastre e1b2b	0%	0	67,665	12,9	-11,75
3º Anillo de carga					
dfb3e	0%	0	93,713	0,814	4,077
dfb3b	0%	0	93,713	0,814	-4,077
lastreb3e	0%	0	96,343	4,691	9,649
lastreb3b	0%	0	96,343	4,691	-9,649
lastre e2b3e	0%	0	95,689	9,895	11,192
lastre e2b3b	0%	0	95,689	9,895	-11,192
lastre e1b3e	0%	0	94,994	12,922	11,573

lastre e1b3b	0%	0	94,994	12,922	-11,573
4º Anillo de carga					
dfb4e	0%	0	118,876	0,859	1,852
dfb4b	0%	0	118,876	0,859	-1,852
lastreb4e	0%	0	119,669	4,798	5,823
lastreb4b	0%	0	119,669	4,798	-5,823
lastre e2b4e	0%	0	119,532	9,881	8,264
lastre e2b4b	0%	0	119,532	9,881	-8,264
lastre e1b4e	0%	0	120,151	12,94	9,179
lastre e1b4b	0%	0	120,151	12,94	-9,179
5º Anillo de carga					
dfb5e	100%	64,5	134,992	2,053	1,267
dfb5b	100%	64,5	134,992	2,053	-1,267
lastreb5e	100%	44,82	135,127	5,705	3,141
lastreb5b	100%	44,82	135,127	5,705	-3,141
lastre e2b5e	0%	0	137,332	9,96	4,013
lastre e2b5b	0%	0	137,332	9,96	-4,013
lastre e1b5e	0%	0	137,218	12,929	5,359
lastre e1b5b	0%	0	137,218	12,929	-5,359
Empujador					
df empujador	0%	0	143,962	0,892	0
Pique de proa					
pique de proa	0%	0	152,57	7,151	0
Total Tanques de lastre		218,7	135,047	3,55	0
Tanques de aceite vegetal					
b5e	100%	96,2	134,862	6,233	1,404
b5b	100%	96,2	134,862	6,233	-1,404
Total Tanques de aceite vegetal		192,3	134,862	6,233	0
Espacios de carga seca					
1º Anillo de carga					
b1e	1	1.000	44,8	5,1	5,1
b1b	1	1.000	44,8	5,1	-5,1
e2b1e	1	481,5	44,4	9,9	5,5
e2b1b	1	481,5	44,4	9,9	-5,5
e1b1e	1	481,5	44,2	13,1	5,5
e1b1b	1	481,5	44,2	13,1	-5,5
Escotilla 1e	1	0	42,88	18,541	5,4
Escotilla 1b	1	0	42,88	18,541	-5,4
2º Anillo de carga					
b2e	1	1.421	67,7	5	5,5
b2b	1	1.421	67,7	5	-5,5
e2b2e	1	619	67,7	9,9	5,5
e2b2b	1	619	67,7	9,9	-5,5
e1b2e	1	619	67,7	13,4	5,5

e1b2b	1	619	67,7	13,4	-5,5
Escotilla 2e	1	0	67,68	18,541	5,4
Escotilla 2b	1	0	67,68	18,541	-5,4
3º Anillo de carga					
b3e	1	1.157	94,5	5,2	4,6
b3b	1	1.157	94,5	5,2	-4,6
e2b3e	1	596	95,2	9,9	5,3
e2b3b	1	596	95,2	9,9	-5,3
e1b3e	1	614	95,5	13,4	5,5
e1b3b	1	614	95,5	13,4	-5,5
Escotilla 3e	1	0	95,58	18,541	5,4
Escotilla 3b	1	0	95,58	18,541	-5,4
4º Anillo de carga					
b4e	1	498,7	119	5,4	2,7
b4b	1	498,7	119	5,4	-2,7
e2b4e	1	329,9	119,4	9,9	3,9
e2b4b	1	329,9	119,4	9,9	-3,9
e1b4e	1	373,3	119,7	13,4	4,3
e1b4b	1	373,3	119,7	13,4	-4,3
Escotilla 4e	1	0	120,38	18,541	4,4
Escotilla 4b	1	0	120,38	18,541	-4,4
5º Anillo de carga					
e2b5e	1	87,1	136,5	10	1,9
e2b5b	1	87,1	136,5	10	-1,9
e1b5e	1	117,8	136,8	13	2,5
e1b5b	1	117,8	136,8	13	-2,5
Escotilla 5e	1	0	137,41	20,695	2,9
Escotilla 5b	1	0	137,41	20,695	-2,9
Superestructura					
SpE	1	187,3	148,1	16,2	1
SeB	1	187,3	148,1	16,2	-1
Total Espacios de carga seca		17.164	80,548	8,65	0
Peso del acero del casco					
Acero Casco	1	4250	69,563	9,093	0
Cámara de máquinas					
Maquinaria propulsora (7S65ME-C	1	470	25,09	6,91	0
Equipo de bombas MP	1	15	25,09	4	0
Línea de ejes	1	42	9,51	3,8	0
Hélice	1	19	4,06	3,8	0
Tubería y valvulería	1	190	20,32	9,5	0
Caldera	1	20	11	13	0
Motores auxiliares y alternador	1	120	11,33	9,7	0
Grupo de emergencia	1	40	0	0	0
Compresores Generadores	1	5	10,43	9,21	0
Bombas de carga y lastre	1	25	23,5	9,2	0

Pisos, tecles, escaleras, etc.	1	100	19,23	7,2	0
Tubería de exhaustación	1	40	13,37	12,8	0
Purificadoras y calentadoras	1	6	29,32	10,23	0
Electricidad	1	35	19,23	7,2	0
Ventilación mecánica de la CM	1	18	19,23	7,2	0
Bombas casco, taller, etc.	1	25	18,45	12,63	0
Total Weight=		26.242	LCG=71,142 m	VCG=9,008 m	TGC=0 m

Draft Amidsh. m	10,266
Displacement tonne	26.242
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	9,866
Draft at AP m	10,666
Draft at LCF m	10,319
Trim (+ve by stern) m	0,8
WL Length m	159,763
WL Beam m	25,008
Wetted Area m^2	5.359,306
Waterpl. Area m^2	3.144,813
Prismatic Coeff.	0,649
Block Coeff.	0,623
Midship Area Coeff.	0,978
Waterpl. Area Coeff.	0,811
LCB from zero pt. m	71,125
LCF from zero pt. m	67,206
KB m	5,675
KG solid m	9,008
BMt m	5,409
BML m	180,516
GMt m	2,076
GML m	177,183
KMt m	11,084
KML m	186,191
Immersion (TPc) tonne/cm	32,234
MTc tonne.m	300,021
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	950,782
Max deck inclination deg	0,3
Trim angle (+ve by stern) deg	0,3

4. Carga homogénea, 10% consumos, tanques de aceites vegetales llenos

Tanques de agua					
Tanque de agua dulce B	70%	89,2	0,028	12,692	-6,487
Tanque de agua dulce E	80%	83	-0,695	12,84	6,384
Tanque de agua dulce destilada	100%	23,79	3,007	13,051	7,229
Total Tanques de Agua		196	0,083	12,798	0,629
Tanques varios					
Tanque de aguas aceitosas	10%	1,534	10,091	0,346	0
Tanque de lodos	10%	2,683	14,501	7,197	-6,643
Tanque derrames	10%	2,285	13,324	0,194	0
Tanque de retorno	10%	3,375	18,598	0,151	0
Tanque de reboses	10%	0,787	26,384	0,35	-2,175
Total Tanques varios		10,66	15,788	1,976	-1,832
Tanques de aceites					
Tanque almacén aceite M.P.	10%	1,577	23,358	9,155	-9,674
Tanque almacén aceite MM.AA.	10%	0,822	23,358	11,743	9,914
Tanque de aceite sucio	10%	3,101	24,737	0,128	0
Total Tanques de aceite		5,5	24,135	4,452	-1,292
Tanques de D.O.					
Tanque almacén D.O. B	0%	0	24,669	11,677	-9,81
Tanque almacén D.O. E	0%	0	24,669	11,677	9,81
Tanque servicio diario D.O.	41%	11,67	16,483	10,126	-9,371
Total Tanques de D.O.		11,67	16,483	10,126	-9,371
Tanques de F.O.					
Tk. FO. Popa Er	30%	63,6	-0,606	14,85	5,082
Tk. FO. Popa Br	0%	0	-0,606	15,9	-5,082
Tk. FO. cub. pp. E.	0%	0	26,633	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pp. CE.	0%	0	26,633	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pp. CB.	0%	0	26,633	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pp. B.	0%	0	26,633	15,9	-9,375
Tk. FO. medio Er	0%	0	31,715	9,9	7
Tk. FO. medio C	0%	0	31,715	9,9	0
Tk. FO. medio Br	0%	0	31,715	9,9	-7
Tk. FO. alto Er	0%	0	31,715	12,9	7
Tk. FO. alto C	0%	0	31,715	12,9	0
Tk. FO. alto Br	0%	0	31,715	12,9	-7
Tk. FO. cub. pr. E.	0%	0	31,715	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pr. CE	0%	0	31,715	15,9	3,125

Tk. FO. cub. pr. CB	0%	0	31,715	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pr. B	0%	0	31,715	15,9	-9,375
Tk. FO. bajo Er	0%	0	31,843	5,867	5,826
Tk. FO. bajo C	0%	0	31,715	4,95	0
Tk. FO. bajo Br	0%	0	31,843	5,867	-5,826
Tanque servicio diario F.O. B	100%	62,8	20,134	11,837	-11,159
Tanque servicio diario F.O. E	100%	35,23	20,098	13,023	11,254
Tanque sedimentación F.O. E	100%	52,4	27,943	11,4	9,6
Tanque sedimentación F.O. B	100%	52,4	27,943	11,4	-9,6
Total tanques de F.O.		266,4	18,249	12,541	0,069
Tanques de lastre					
Pique de popa					
pique de popa	100%	146,9	3,26	9,295	0
Anillo tanques de F.O.					
lastre tk. FO: bajo Er	100%	83,7	31,52	4,812	8,697
lastre tk. FO: bajo Br	100%	83,7	31,52	4,812	-8,697
lastre tk. FO: medio Er	100%	25,39	32,079	9,94	11,682
lastre tk. FO: medio Br	100%	25,39	32,079	9,94	-11,682
lastre tk. FO: alto Er	100%	27,67	32,032	12,908	11,741
lastre tk. FO: alto Br	100%	27,67	32,032	12,908	-11,741
1º Anillo de carga					
dfb1e	100%	247,3	44,402	0,825	4,155
dfb1b	100%	247,3	44,402	0,825	-4,155
lastreb1e	100%	224,3	43,449	4,704	10,705
lastreb1b	100%	224,3	43,449	4,704	-10,705
lastre e2b1e	100%	82,8	44,498	9,906	11,739
lastre e2b1b	100%	82,8	44,498	9,906	-11,739
lastre e1b1e	100%	83,9	44,435	12,901	11,749
lastre e1b1b	100%	83,9	44,435	12,901	-11,749
2º Anillo de carga					
dfb2e	0%	0	67,678	0,788	5,566
dfb2b	0%	0	67,678	0,788	-5,566
lastreb2e	0%	0	67,619	5,012	11,706
lastreb2b	0%	0	67,619	5,012	-11,706
lastre e2b2e	0%	0	67,634	9,901	11,748
lastre e2b2b	0%	0	67,634	9,901	-11,748
lastre e1b2e	0%	0	67,665	12,9	11,75
lastre e1b2b	0%	0	67,665	12,9	-11,75
3º Anillo de carga					
dfb3e	0%	0	93,713	0,814	4,077
dfb3b	0%	0	93,713	0,814	-4,077
lastreb3e	0%	0	96,343	4,691	9,649
lastreb3b	0%	0	96,343	4,691	-9,649
lastre e2b3e	0%	0	95,689	9,895	11,192
lastre e2b3b	0%	0	95,689	9,895	-11,192
lastre e1b3e	0%	0	94,994	12,922	11,573

lastre e1b3b	0%	0	94,994	12,922	-11,573
4º Anillo de carga					
dfb4e	0%	0	118,876	0,859	1,852
dfb4b	0%	0	118,876	0,859	-1,852
lastreb4e	0%	0	119,669	4,798	5,823
lastreb4b	0%	0	119,669	4,798	-5,823
lastre e2b4e	0%	0	119,532	9,881	8,264
lastre e2b4b	0%	0	119,532	9,881	-8,264
lastre e1b4e	0%	0	120,151	12,94	9,179
lastre e1b4b	0%	0	120,151	12,94	-9,179
5º Anillo de carga					
dfb5e	0%	0	134,992	2,053	1,267
dfb5b	0%	0	134,992	2,053	-1,267
lastreb5e	0%	0	135,127	5,705	3,141
lastreb5b	0%	0	135,127	5,705	-3,141
lastre e2b5e	0%	0	137,332	9,96	4,013
lastre e2b5b	0%	0	137,332	9,96	-4,013
lastre e1b5e	0%	0	137,218	12,929	5,359
lastre e1b5b	0%	0	137,218	12,929	-5,359
Empujador					
df empujador	0%	0	143,962	0,892	0
Pique de proa					
pique de proa	0%	0	152,57	7,151	0
Total Tanques de lastre		1.697	38,558	5,724	0
Tanques de aceite vegetal					
b5e	100%	96,2	134,862	6,233	1,404
b5b	100%	96,2	134,862	6,233	-1,404
Total Tanques de aceite vegetal		192,3	134,862	6,233	0
Espacios de carga seca					
1º Anillo de carga					
b1e	1	1.000	44,8	5,1	5,1
b1b	1	1.000	44,8	5,1	-5,1
e2b1e	1	481,5	44,4	9,9	5,5
e2b1b	1	481,5	44,4	9,9	-5,5
e1b1e	1	481,5	44,2	13,1	5,5
e1b1b	1	481,5	44,2	13,1	-5,5
Escotilla 1e	1	0	42,88	18,541	5,4
Escotilla 1b	1	0	42,88	18,541	-5,4
2º Anillo de carga					
b2e	1	1.421	67,7	5	5,5
b2b	1	1.421	67,7	5	-5,5
e2b2e	1	619	67,7	9,9	5,5
e2b2b	1	619	67,7	9,9	-5,5
e1b2e	1	619	67,7	13,4	5,5

e1b2b	1	619	67,7	13,4	-5,5
Escotilla 2e	1	0	67,68	18,541	5,4
Escotilla 2b	1	0	67,68	18,541	-5,4
3º Anillo de carga					
b3e	1	1.157	94,5	5,2	4,6
b3b	1	1.157	94,5	5,2	-4,6
e2b3e	1	596	95,2	9,9	5,3
e2b3b	1	596	95,2	9,9	-5,3
e1b3e	1	614	95,5	13,4	5,5
e1b3b	1	614	95,5	13,4	-5,5
Escotilla 3e	1	0	95,58	18,541	5,4
Escotilla 3b	1	0	95,58	18,541	-5,4
4º Anillo de carga					
b4e	1	498,7	119	5,4	2,7
b4b	1	498,7	119	5,4	-2,7
e2b4e	1	329,9	119,4	9,9	3,9
e2b4b	1	329,9	119,4	9,9	-3,9
e1b4e	1	373,3	119,7	13,4	4,3
e1b4b	1	373,3	119,7	13,4	-4,3
Escotilla 4e	1	0	120,38	18,541	4,4
Escotilla 4b	1	0	120,38	18,541	-4,4
5º Anillo de carga					
e2b5e	1	87,1	136,5	10	1,9
e2b5b	1	87,1	136,5	10	-1,9
e1b5e	1	117,8	136,8	13	2,5
e1b5b	1	117,8	136,8	13	-2,5
Escotilla 5e	1	0	137,41	20,695	2,9
Escotilla 5b	1	0	137,41	20,695	-2,9
Superestructura					
SpE	1	187,3	148,1	16,2	1
SeB	1	187,3	148,1	16,2	-1
Total Espacios de carga seca		17.164	80,548	8,65	0
Peso del acero del casco					
Acero Casco	1	4.250	69,563	9,093	0
Cámara de máquinas					
Maquinaria propulsora (7S65ME-C	1	470	25,09	6,91	0
Equipo de bombas MP	1	15	25,09	4	0
Línea de ejes	1	42	9,51	3,8	0
Hélice	1	19	4,06	3,8	0
Tubería y valvulería	1	190	20,32	9,5	0
Caldera	1	20	11	13	0
Motores auxiliares y alternador	1	120	11,33	9,7	0
Grupo de emergencia	1	40	0	0	0
Compresores Generadores	1	5	10,43	9,21	0
Bombas de carga y lastre	1	25	23,5	9,2	0

Pisos, tecles, escaleras, etc.	1	100	19,23	7,2	0
Tubería de exhaustación	1	40	13,37	12,8	0
Purificadoras y calentadoras	1	6	29,32	10,23	0
Electricidad	1	35	19,23	7,2	0
Ventilación mecánica de la CM	1	18	19,23	7,2	0
Bombas casco, taller, etc.	1	25	18,45	12,63	0
Total Weight=		25.072	LCG=72,249 m	VCG=8,584 m	TGC=0 m

Draft Amidsh. m	9,952
Displacement tonne	25.072
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	9,951
Draft at AP m	9,953
Draft at LCF m	9,952
Trim (+ve by stern) m	0,002
WL Length m	157,502
WL Beam m	25,007
Wetted Area m^2	5.226,441
Waterpl. Area m^2	3.095,905
Prismatic Coeff.	0,645
Block Coeff.	0,634
Midship Area Coeff.	0,984
Waterpl. Area Coeff.	0,799
LCB from zero pt. m	72,249
LCF from zero pt. m	68,044
KB m	5,465
KG solid m	8,584
BMt m	5,524
BML m	181,276
GMt m	2,359
GML m	178,11
KMt m	10,989
KML m	186,741
Immersion (TPc) tonne/cm	31,733
MTc tonne.m	288,158
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1.032,145
Max deck inclination deg	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0

5. Carga homogénea con contenedores en cubierta, 100% consumos, tanques de aceites vegetales llenos

Tanques de agua					
Tanque de agua dulce B	100%	127,4	-0,02	13,093	-6,611
Tanque de agua dulce E	100%	103,7	-0,719	13,103	6,467
Tanque de agua dulce destilada	100%	23,79	3,007	13,051	7,229
Total Tanques de Agua		254,9	-0,022	13,094	0,003
Tanques varios					
Tanque de aguas aceitosas	0%	0	9,212	1,133	0
Tanque de lodos	0%	0	13,154	8,19	-7,324
Tanque derrames	0%	0	13,313	1,007	0
Tanque de retorno	0%	0	18,462	0,94	0
Tanque de reboses	0%	0	26,356	1,125	-2,749
Total Tanques varios		0	15,724	1,975	-1,862
Tanques de aceites					
Tanque almacén aceite M.P.	100%	15,77	23,358	11,688	-9,88
Tanque almacén aceite MM.AA.	100%	8,22	23,358	13,007	9,956
Tanque de aceite sucio	0%	0	24,674	0,923	0
Total Tanques de aceite		23,99	23,358	12,14	-3,084
Tanques de D.O.					
Tanque almacén D.O. B	100%	43,96	24,669	11,677	-9,81
Tanque almacén D.O. E	100%	43,96	24,669	11,677	9,81
Tanque servicio diario D.O.	100%	28,74	16,482	11,757	-9,577
Total Tanques de D.O.		116,7	22,652	11,696	-2,36
Tanques de F.O.					
Tk. FO. Popa Er	100%	212	-0,606	15,9	5,082
Tk. FO. Popa Br	100%	212	-0,606	15,9	-5,082
Tk. FO. cub. pp. E.	100%	79,6	26,633	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pp. CE.	100%	79,6	26,633	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pp. CB.	100%	79,6	26,633	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pp. B.	100%	79,6	26,633	15,9	-9,375
Tk. FO. medio Er	100%	123,9	31,715	9,9	7
Tk. FO. medio C	100%	92,9	31,715	9,9	0
Tk. FO. medio Br	100%	123,9	31,715	9,9	-7
Tk. FO. alto Er	100%	123,9	31,715	12,9	7
Tk. FO. alto C	100%	92,9	31,715	12,9	0
Tk. FO. alto Br	100%	123,9	31,715	12,9	-7
Tk. FO. cub. pr. E.	100%	96,8	31,715	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pr. CE	100%	96,8	31,715	15,9	3,125

Tk. FO. cub. pr. CB	100%	96,8	31,715	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pr. B	100%	96,8	31,715	15,9	-9,375
Tk. FO. bajo Er	100%	165,1	31,843	5,867	5,826
Tk. FO. bajo C	100%	213,7	31,715	4,95	0
Tk. FO. bajo Br	100%	165,1	31,843	5,867	-5,826
Tanque servicio diario F.O. B	100%	62,8	20,134	11,837	-11,159
Tanque servicio diario F.O. E	100%	35,23	20,098	13,023	11,254
Tanque sedimentación F.O. E	100%	52,4	27,943	11,4	9,6
Tanque sedimentación F.O. B	100%	52,4	27,943	11,4	-9,6
Total tanques de F.O.		2.558	25,143	12,167	-0,119
Tanques de lastre					
Pique de popa					
pique de popa	0%	0	3,26	9,295	0
Anillo tanques de F.O.					
lastre tk. FO: bajo Er	0%	0	31,52	4,812	8,697
lastre tk. FO: bajo Br	0%	0	31,52	4,812	-8,697
lastre tk. FO: medio Er	0%	0	32,079	9,94	11,682
lastre tk. FO: medio Br	0%	0	32,079	9,94	-11,682
lastre tk. FO: alto Er	0%	0	32,032	12,908	11,741
lastre tk. FO: alto Br	0%	0	32,032	12,908	-11,741
1º Anillo de carga					
dfb1e	0%	0	44,402	0,825	4,155
dfb1b	0%	0	44,402	0,825	-4,155
lastreb1e	0%	0	43,449	4,704	10,705
lastreb1b	0%	0	43,449	4,704	-10,705
lastre e2b1e	0%	0	44,498	9,906	11,739
lastre e2b1b	0%	0	44,498	9,906	-11,739
lastre e1b1e	0%	0	44,435	12,901	11,749
lastre e1b1b	0%	0	44,435	12,901	-11,749
2º Anillo de carga					
dfb2e	0%	0	67,678	0,788	5,566
dfb2b	0%	0	67,678	0,788	-5,566
lastreb2e	0%	0	67,619	5,012	11,706
lastreb2b	0%	0	67,619	5,012	-11,706
lastre e2b2e	0%	0	67,634	9,901	11,748
lastre e2b2b	0%	0	67,634	9,901	-11,748
lastre e1b2e	0%	0	67,665	12,9	11,75
lastre e1b2b	0%	0	67,665	12,9	-11,75
3º Anillo de carga					
dfb3e	100%	316,4	93,713	0,814	4,077
dfb3b	100%	316,4	93,713	0,814	-4,077
lastreb3e	0%	0	96,343	4,691	9,649
lastreb3b	0%	0	96,343	4,691	-9,649
lastre e2b3e	55%	59,7	95,784	9,219	11,093
lastre e2b3b	0%	0	95,689	9,895	-11,192
lastre e1b3e	0%	0	94,994	12,922	11,573

lastre e1b3b	0%	0	94,994	12,922	-11,573
4º Anillo de carga					
dfb4e	100%	106,8	118,876	0,859	1,852
dfb4b	100%	106,8	118,876	0,859	-1,852
lastreb4e	0%	0	119,669	4,798	5,823
lastreb4b	0%	0	119,669	4,798	-5,823
lastre e2b4e	0%	0	119,532	9,881	8,264
lastre e2b4b	0%	0	119,532	9,881	-8,264
lastre e1b4e	0%	0	120,151	12,94	9,179
lastre e1b4b	0%	0	120,151	12,94	-9,179
5º Anillo de carga					
dfb5e	0%	0	134,992	2,053	1,267
dfb5b	0%	0	134,992	2,053	-1,267
lastreb5e	0%	0	135,127	5,705	3,141
lastreb5b	0%	0	135,127	5,705	-3,141
lastre e2b5e	0%	0	137,332	9,96	4,013
lastre e2b5b	0%	0	137,332	9,96	-4,013
lastre e1b5e	0%	0	137,218	12,929	5,359
lastre e1b5b	0%	0	137,218	12,929	-5,359
Empujador					
df empujador	100%	31,77	143,962	0,892	0
Pique de proa					
pique de proa	0%	0	152,57	7,151	0
Total Tanques de lastre		0	0	0	0
Tanques de aceite vegetal					
b5e	100%	96,2	134,862	6,233	1,404
b5b	100%	96,2	134,862	6,233	-1,404
Total Tanques de aceite vegetal		1.130	106,991	2,191	0,586
Espacios de carga seca					
1º Anillo de carga					
b1e	1	858	44,8	5,1	5,1
b1b	1	858	44,8	5,1	-5,1
e2b1e	1	413,1	44,4	9,9	5,5
e2b1b	1	413,1	44,4	9,9	-5,5
e1b1e	1	413,1	44,2	13,1	5,5
e1b1b	1	413,1	44,2	13,1	-5,5
Escotilla 1e	1	240	42,88	18,541	5,4
Escotilla 1b	1	240	42,88	18,541	-5,4
2º Anillo de carga					
b2e	1	1.220	67,7	5	5,5
b2b	1	1.220	67,7	5	-5,5
e2b2e	1	531	67,7	9,9	5,5
e2b2b	1	531	67,7	9,9	-5,5
e1b2e	1	531	67,7	13,4	5,5

e1b2b	1	531	67,7	13,4	-5,5
Escotilla 2e	1	360	67,68	18,541	5,4
Escotilla 2b	1	360	67,68	18,541	-5,4
3º Anillo de carga					
b3e	1	992	94,5	5,2	4,6
b3b	1	992	94,5	5,2	-4,6
e2b3e	1	511	95,2	9,9	5,3
e2b3b	1	511	95,2	9,9	-5,3
e1b3e	1	526	95,5	13,4	5,5
e1b3b	1	526	95,5	13,4	-5,5
Escotilla 3e	1	360	95,58	18,541	5,4
Escotilla 3b	1	360	95,58	18,541	-5,4
4º Anillo de carga					
b4e	1	427,9	119	5,4	2,7
b4b	1	427,9	119	5,4	-2,7
e2b4e	1	283,1	119,4	9,9	3,9
e2b4b	1	283,1	119,4	9,9	-3,9
e1b4e	1	320,3	119,7	13,4	4,3
e1b4b	1	320,3	119,7	13,4	-4,3
Escotilla 4e	1	160	120,38	18,541	4,4
Escotilla 4b	1	160	120,38	18,541	-4,4
5º Anillo de carga					
e2b5e	1	74,8	136,5	10	1,9
e2b5b	1	74,8	136,5	10	-1,9
e1b5e	1	101,1	136,8	13	2,5
e1b5b	1	101,1	136,8	13	-2,5
Escotilla 5e	1	20	137,41	20,695	2,9
Escotilla 5b	1	20	137,41	20,695	-2,9
Superestructura					
SpE	1	160,7	148,1	16,2	1
SeB	1	160,7	148,1	16,2	-1
Total Espacios de carga seca		17.007	80,46	9,981	0
Peso del acero del casco					
Acero Casco	1	4.250	69,563	9,093	0
Cámara de máquinas					
Maquinaria propulsora (7S65ME-C	1	470	25,09	6,91	0
Equipo de bombas MP	1	15	25,09	4	0
Línea de ejes	1	42	9,51	3,8	0
Hélice	1	19	4,06	3,8	0
Tubería y valvulería	1	190	20,32	9,5	0
Caldera	1	20	11	13	0
Motores auxiliares y alternador	1	120	11,33	9,7	0
Grupo de emergencia	1	40	0	0	0
Compresores Generadores	1	5	10,43	9,21	0
Bombas de carga y lastre	1	25	23,5	9,2	0

Pisos, tecles, escaleras, etc.	1	100	19,23	7,2	0
Tubería de exhaustación	1	40	13,37	12,8	0
Purificadoras y calentadoras	1	6	29,32	10,23	0
Electricidad	1	35	19,23	7,2	0
Ventilación mecánica de la CM	1	18	19,23	7,2	0
Bombas casco, taller, etc.	1	25	18,45	12,63	0
Total Weight=		26.802	LCG=71,582 m	VCG=9,623 m	TGC=0 m

Draft Amidsh. m	10,4685
Displacement tonne	26.802
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	10,298
Draft at AP m	10,639
Draft at LCF m	10,491
Trim (+ve by stern) m	0,341
WL Length m	159,567
WL Beam m	25,006
Wetted Area m^2	5.423,685
Waterpl. Area m^2	3.157,44
Prismatic Coeff.	0,653
Block Coeff.	0,636
Midship Area Coeff.	0,985
Waterpl. Area Coeff.	0,815
LCB from zero pt. m	71,572
LCF from zero pt. m	67,453
KB m	5,772
KG solid m	9,623
BMt m	5,324
BML m	178,629
GMt m	1,472
GML m	174,777
KMt m	11,096
KML m	184,401
Immersion (TPc) tonne/cm	32,364
MTc tonne.m	302,238
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	688,445
Max deck inclination deg	0,1
Trim angle (+ve by stern) deg	0,1

6. Carga homogénea con contenedores en cubierta, 10% consumos, tanques de aceites vegetales llenos

Tanques de agua					
Tanque de agua dulce B	0%	0	-0,02	13,093	-6,611
Tanque de agua dulce E	22%	22,82	-0,556	11,992	5,995
Tanque de agua dulce destilada	10%	2,379	3,008	11,76	6,797
Total Tanques de Agua		25,2	-0,219	11,97	6,071
Tanques varios					
Tanque de aguas aceitosas	10%	1,535	10,087	0,346	0
Tanque de lodos	10%	2,683	14,497	7,197	-6,642
Tanque derrames	10%	2,285	13,318	0,194	0
Tanque de retorno	10%	3,375	18,575	0,151	0
Tanque de reboses	10%	0,788	26,381	0,35	-2,175
Total Tanques varios		10,67	15,777	1,975	-1,831
Tanques de aceites					
Tanque almacén aceite M.P.	10%	1,576	23,358	9,155	-9,674
Tanque almacén aceite MM.AA.	10%	0,822	23,357	11,743	9,914
Tanque de aceite sucio	10%	3,102	24,718	0,128	0
Total Tanques de aceite		5,5	24,125	4,451	-1,291
Tanques de D.O.					
Tanque almacén D.O. B	0%	0	24,669	11,677	-9,81
Tanque almacén D.O. E	0%	0	24,669	11,677	9,81
Tanque servicio diario D.O.	41%	11,67	16,483	10,126	-9,371
Total Tanques de D.O.		11,67	16,483	10,126	-9,371
Tanques de F.O.					
Tk. FO. Popa Er	30%	63,6	-0,612	14,85	5,081
Tk. FO. Popa Br	0%	0	-0,606	15,9	-5,082
Tk. FO. cub. pp. E.	0%	0	26,633	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pp. CE.	0%	0	26,633	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pp. CB.	0%	0	26,633	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pp. B.	0%	0	26,633	15,9	-9,375
Tk. FO. medio Er	0%	0	31,715	9,9	7
Tk. FO. medio C	0%	0	31,715	9,9	0
Tk. FO. medio Br	0%	0	31,715	9,9	-7
Tk. FO. alto Er	0%	0	31,715	12,9	7
Tk. FO. alto C	0%	0	31,715	12,9	0
Tk. FO. alto Br	0%	0	31,715	12,9	-7
Tk. FO. cub. pr. E.	0%	0	31,715	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pr. CE	0%	0	31,715	15,9	3,125

Tk. FO. cub. pr. CB	0%	0	31,715	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pr. B	0%	0	31,715	15,9	-9,375
Tk. FO. bajo Er	0%	0	31,843	5,867	5,826
Tk. FO. bajo C	0%	0	31,715	4,95	0
Tk. FO. bajo Br	0%	0	31,843	5,867	-5,826
Tanque servicio diario F.O. B	100%	62,8	20,134	11,837	-11,159
Tanque servicio diario F.O. E	100%	35,23	20,098	13,023	11,254
Tanque sedimentación F.O. E	100%	52,4	27,943	11,4	9,6
Tanque sedimentación F.O. B	100%	52,4	27,943	11,4	-9,6
Total tanques de F.O.		266,4	18,247	12,541	0,069
Tanques de lastre					
Pique de popa					
pique de popa	100%	146,9	3,26	9,295	0
Anillo tanques de F.O.					
lastre tk. FO: bajo Er	100%	83,7	31,52	4,812	8,697
lastre tk. FO: bajo Br	100%	83,7	31,52	4,812	-8,697
lastre tk. FO: medio Er	100%	25,39	32,079	9,94	11,682
lastre tk. FO: medio Br	100%	25,39	32,079	9,94	-11,682
lastre tk. FO: alto Er	100%	27,67	32,032	12,908	11,741
lastre tk. FO: alto Br	100%	27,67	32,032	12,908	-11,741
1º Anillo de carga					
dfb1e	100%	247,3	44,402	0,825	4,155
dfb1b	100%	247,3	44,402	0,825	-4,155
lastreb1e	100%	224,3	43,449	4,704	10,705
lastreb1b	100%	224,3	43,449	4,704	-10,705
lastre e2b1e	100%	82,8	44,498	9,906	11,739
lastre e2b1b	100%	82,8	44,498	9,906	-11,739
lastre e1b1e	100%	83,9	44,435	12,901	11,749
lastre e1b1b	100%	83,9	44,435	12,901	-11,749
2º Anillo de carga					
dfb2e	100%	462,1	67,678	0,788	5,566
dfb2b	100%	462,1	67,678	0,788	-5,566
lastreb2e	100%	280,2	67,619	5,012	11,706
lastreb2b	100%	280,2	67,619	5,012	-11,706
lastre e2b2e	0%	0	67,634	9,901	11,748
lastre e2b2b	0%	0	67,634	9,901	-11,748
lastre e1b2e	0%	0	67,665	12,9	11,75
lastre e1b2b	0%	0	67,665	12,9	-11,75
3º Anillo de carga					
dfb3e	0%	0	93,713	0,814	4,077
dfb3b	0%	0	93,713	0,814	-4,077
lastreb3e	0%	0	96,343	4,691	9,649
lastreb3b	0%	0	96,343	4,691	-9,649
lastre e2b3e	0%	0	95,689	9,895	11,192
lastre e2b3b	0%	0	95,689	9,895	-11,192
lastre e1b3e	0%	0	94,994	12,922	11,573

lastre e1b3b	0%	0	94,994	12,922	-11,573
4º Anillo de carga					
dfb4e	0%	0	118,876	0,859	1,852
dfb4b	0%	0	118,876	0,859	-1,852
lastreb4e	0%	0	119,669	4,798	5,823
lastreb4b	0%	0	119,669	4,798	-5,823
lastre e2b4e	0%	0	119,532	9,881	8,264
lastre e2b4b	0%	0	119,532	9,881	-8,264
lastre e1b4e	0%	0	120,151	12,94	9,179
lastre e1b4b	0%	0	120,151	12,94	-9,179
5º Anillo de carga					
dfb5e	0%	0	134,992	2,053	1,267
dfb5b	0%	0	134,992	2,053	-1,267
lastreb5e	0%	0	135,127	5,705	3,141
lastreb5b	0%	0	135,127	5,705	-3,141
lastre e2b5e	0%	0	137,332	9,96	4,013
lastre e2b5b	0%	0	137,332	9,96	-4,013
lastre e1b5e	0%	0	137,218	12,929	5,359
lastre e1b5b	0%	0	137,218	12,929	-5,359
Empujador					
df empujador	0%	0	143,962	0,892	0
Pique de proa					
pique de proa	0%	0	152,57	7,151	0
Total Tanques de lastre		1.697	38,558	5,724	0
Tanques de aceite vegetal					
b5e	0%	0	134,862	6,233	1,404
b5b	0%	0	134,862	6,233	-1,404
Total Tanques de aceite vegetal		3.182	52,136	4,165	0
Espacios de carga seca					
1º Anillo de carga					
b1e	1	858	44,8	5,1	5,1
b1b	1	858	44,8	5,1	-5,1
e2b1e	1	413,1	44,4	9,9	5,5
e2b1b	1	413,1	44,4	9,9	-5,5
e1b1e	1	413,1	44,2	13,1	5,5
e1b1b	1	413,1	44,2	13,1	-5,5
Escotilla 1e	1	240	42,88	18,541	5,4
Escotilla 1b	1	240	42,88	18,541	-5,4
2º Anillo de carga					
b2e	1	1.220	67,7	5	5,5
b2b	1	1.220	67,7	5	-5,5
e2b2e	1	531	67,7	9,9	5,5
e2b2b	1	531	67,7	9,9	-5,5
e1b2e	1	531	67,7	13,4	5,5

e1b2b	1	531	67,7	13,4	-5,5
Escotilla 2e	1	360	67,68	18,541	5,4
Escotilla 2b	1	360	67,68	18,541	-5,4
3º Anillo de carga					
b3e	1	992	94,5	5,2	4,6
b3b	1	992	94,5	5,2	-4,6
e2b3e	1	511	95,2	9,9	5,3
e2b3b	1	511	95,2	9,9	-5,3
e1b3e	1	526	95,5	13,4	5,5
e1b3b	1	526	95,5	13,4	-5,5
Escotilla 3e	1	360	95,58	18,541	5,4
Escotilla 3b	1	360	95,58	18,541	-5,4
4º Anillo de carga					
b4e	1	427,9	119	5,4	2,7
b4b	1	427,9	119	5,4	-2,7
e2b4e	1	283,1	119,4	9,9	3,9
e2b4b	1	283,1	119,4	9,9	-3,9
e1b4e	1	320,3	119,7	13,4	4,3
e1b4b	1	320,3	119,7	13,4	-4,3
Escotilla 4e	1	160	120,38	18,541	4,4
Escotilla 4b	1	160	120,38	18,541	-4,4
5º Anillo de carga					
e2b5e	1	74,8	136,5	10	1,9
e2b5b	1	74,8	136,5	10	-1,9
e1b5e	1	101,1	136,8	13	2,5
e1b5b	1	101,1	136,8	13	-2,5
Escotilla 5e	1	20	137,41	20,695	2,9
Escotilla 5b	1	20	137,41	20,695	-2,9
Superestructura					
SpE	1	160,7	148,1	16,2	1
SeB	1	160,7	148,1	16,2	-1
Total Espacios de carga seca		17.006	80,457	9,981	0
Peso del acero del casco					
Acero Casco	1	4.250	69,563	9,093	0
Cámara de máquinas					
Maquinaria propulsora (7S65ME-C	1	470	25,09	6,91	0
Equipo de bombas MP	1	15	25,09	4	0
Línea de ejes	1	42	9,51	3,8	0
Hélice	1	19	4,06	3,8	0
Tubería y valvulería	1	190	20,32	9,5	0
Caldera	1	20	11	13	0
Motores auxiliares y alternador	1	120	11,33	9,7	0
Grupo de emergencia	1	40	0	0	0
Compresores Generadores	1	5	10,43	9,21	0
Bombas de carga y lastre	1	25	23,5	9,2	0

Pisos, tecles, escaleras, etc.	1	100	19,23	7,2	0
Tubería de exhaustación	1	40	13,37	12,8	0
Purificadoras y calentadoras	1	6	29,32	10,23	0
Electricidad	1	35	19,23	7,2	0
Ventilación mecánica de la CM	1	18	19,23	7,2	0
Bombas casco, taller, etc.	1	25	18,45	12,63	0
Total Weight=		26.027	LCG=71,884 m	VCG=9,081 m	TGC=0 m

Draft Amidsh. m	10,239
Displacement tonne	26.027
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	10,148
Draft at AP m	10,33
Draft at LCF m	10,25
Trim (+ve by stern) m	0,182
WL Length m	158,94
WL Beam m	25,006
Wetted Area m^2	5.336,942
Waterpl. Area m^2	3.131,82
Prismatic Coeff.	0,649
Block Coeff.	0,635
Midship Area Coeff.	0,984
Waterpl. Area Coeff.	0,808
LCB from zero pt. m	71,88
LCF from zero pt. m	67,679
KB m	5,635
KG solid m	9,081
BMt m	5,412
BML m	180,086
GMt m	1,928
GML m	176,601
KMt m	11,047
KML m	185,72
Immersion (TPc) tonne/cm	32,101
MTc tonne.m	296,564
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	875,462
Max deck inclination deg	0,1
Trim angle (+ve by stern) deg	0,1

7. Carga homogénea 1,25 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales llenos

Tanques de agua					
Tanque de agua dulce B	100%	127,4	-0,02	13,093	-6,611
Tanque de agua dulce E	100%	103,7	-0,719	13,103	6,467
Tanque de agua dulce destilada	100%	23,79	3,007	13,051	7,229
Total Tanques de Agua		254,9	-0,022	13,094	0,003
Tanques varios					
Tanque de aguas aceitosas	0%	0	9,212	1,133	0
Tanque de lodos	0%	0	13,154	8,19	-7,324
Tanque derrames	0%	0	13,313	1,007	0
Tanque de retorno	0%	0	18,462	0,94	0
Tanque de reboses	0%	0	26,356	1,125	-2,749
Total Tanques varios		0	15,724	1,975	-1,862
Tanques de aceites					
Tanque almacén aceite M.P.	100%	15,77	23,358	11,688	-9,88
Tanque almacén aceite MM.AA.	100%	8,22	23,358	13,007	9,956
Tanque de aceite sucio	0%	0	24,674	0,923	0
Total Tanques de aceite		23,99	23,358	12,14	-3,084
Tanques de D.O.					
Tanque almacén D.O. B	100%	43,96	24,669	11,677	-9,81
Tanque almacén D.O. E	100%	43,96	24,669	11,677	9,81
Tanque servicio diario D.O.	100%	28,74	16,482	11,757	-9,577
Total Tanques de D.O.		116,7	22,652	11,696	-2,36
Tanques de F.O.					
Tk. FO. Popa Er	100%	212	-0,606	15,9	5,082
Tk. FO. Popa Br	100%	212	-0,606	15,9	-5,082
Tk. FO. cub. pp. E.	100%	79,6	26,633	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pp. CE.	100%	79,6	26,633	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pp. CB.	100%	79,6	26,633	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pp. B.	100%	79,6	26,633	15,9	-9,375
Tk. FO. medio Er	100%	123,9	31,715	9,9	7
Tk. FO. medio C	100%	92,9	31,715	9,9	0
Tk. FO. medio Br	100%	123,9	31,715	9,9	-7
Tk. FO. alto Er	100%	123,9	31,715	12,9	7
Tk. FO. alto C	100%	92,9	31,715	12,9	0
Tk. FO. alto Br	100%	123,9	31,715	12,9	-7
Tk. FO. cub. pr. E.	100%	96,8	31,715	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pr. CE	100%	96,8	31,715	15,9	3,125

Tk. FO. cub. pr. CB	100%	96,8	31,715	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pr. B	100%	96,8	31,715	15,9	-9,375
Tk. FO. bajo Er	100%	165,1	31,843	5,867	5,826
Tk. FO. bajo C	100%	213,7	31,715	4,95	0
Tk. FO. bajo Br	100%	165,1	31,843	5,867	-5,826
Tanque servicio diario F.O. B	100%	62,8	20,134	11,837	-11,159
Tanque servicio diario F.O. E	100%	35,23	20,098	13,023	11,254
Tanque sedimentación F.O. E	100%	52,4	27,943	11,4	9,6
Tanque sedimentación F.O. B	100%	52,4	27,943	11,4	-9,6
Total tanques de F.O.		2558	25,143	12,167	-0,119
Tanques de lastre					
Pique de popa					
pique de popa	0%	0	3,26	9,295	0
Anillo tanques de F.O.					
lastre tk. FO: bajo Er	0%	0	31,52	4,812	8,697
lastre tk. FO: bajo Br	0%	0	31,52	4,812	-8,697
lastre tk. FO: medio Er	0%	0	32,079	9,94	11,682
lastre tk. FO: medio Br	0%	0	32,079	9,94	-11,682
lastre tk. FO: alto Er	0%	0	32,032	12,908	11,741
lastre tk. FO: alto Br	0%	0	32,032	12,908	-11,741
1º Anillo de carga					
dfb1e	0%	0	44,402	0,825	4,155
dfb1b	0%	0	44,402	0,825	-4,155
lastreb1e	0%	0	43,449	4,704	10,705
lastreb1b	0%	0	43,449	4,704	-10,705
lastre e2b1e	0%	0	44,498	9,906	11,739
lastre e2b1b	0%	0	44,498	9,906	-11,739
lastre e1b1e	0%	0	44,435	12,901	11,749
lastre e1b1b	0%	0	44,435	12,901	-11,749
2º Anillo de carga					
dfb2e	0%	0	67,678	0,788	5,566
dfb2b	0%	0	67,678	0,788	-5,566
lastreb2e	0%	0	67,619	5,012	11,706
lastreb2b	0%	0	67,619	5,012	-11,706
lastre e2b2e	0%	0	67,634	9,901	11,748
lastre e2b2b	0%	0	67,634	9,901	-11,748
lastre e1b2e	0%	0	67,665	12,9	11,75
lastre e1b2b	0%	0	67,665	12,9	-11,75
3º Anillo de carga					
dfb3e	0%	0	93,713	0,814	4,077
dfb3b	0%	0	93,713	0,814	-4,077
lastreb3e	0%	0	96,343	4,691	9,649
lastreb3b	0%	0	96,343	4,691	-9,649
lastre e2b3e	0%	0	95,689	9,895	11,192
lastre e2b3b	0%	0	95,689	9,895	-11,192
lastre e1b3e	0%	0	94,994	12,922	11,573

lastre e1b3b	0%	0	94,994	12,922	-11,573
4º Anillo de carga					
dfb4e	0%	0	118,876	0,859	1,852
dfb4b	0%	0	118,876	0,859	-1,852
lastreb4e	100%	242,7	119,669	4,798	5,823
lastreb4b	100%	242,7	119,669	4,798	-5,823
lastre e2b4e	0%	0	119,532	9,881	8,264
lastre e2b4b	0%	0	119,532	9,881	-8,264
lastre e1b4e	0%	0	120,151	12,94	9,179
lastre e1b4b	0%	0	120,151	12,94	-9,179
5º Anillo de carga					
dfb5e	100%	64,5	134,992	2,053	1,267
dfb5b	100%	64,5	134,992	2,053	-1,267
lastreb5e	100%	44,82	135,127	5,705	3,141
lastreb5b	100%	44,82	135,127	5,705	-3,141
lastre e2b5e	100%	35,65	137,332	9,96	4,013
lastre e2b5b	100%	35,65	137,332	9,96	-4,013
lastre e1b5e	100%	42,93	137,218	12,929	5,359
lastre e1b5b	100%	42,93	137,218	12,929	-5,359
Empujador					
df empujador	100%	31,77	143,962	0,892	0
Pique de proa					
pique de proa	100%	259,7	152,57	7,151	0
Total Tanques de lastre		1.153	133,068	5,908	0
Tanques de aceite vegetal					
b5e	100%	96,2	134,862	6,233	1,404
b5b	100%	96,2	134,862	6,233	-1,404
Total Tanques de aceite vegetal		192,3	134,862	6,233	0
Espacios de carga seca					
1º Anillo de carga					
b1e	1	1.165	44,8	5,1	5,1
b1b	1	1.165	44,8	5,1	-5,1
e2b1e	0,74	561	44,4	9,9	5,5
e2b1b	0,74	561	44,4	9,9	-5,5
e1b1e	0	561	44,2	13,1	5,5
e1b1b	0	561	44,2	13,1	-5,5
Escotilla 1e	0	0	42,88	18,541	5,4
Escotilla 1b	0	0	42,88	18,541	-5,4
2º Anillo de carga					
b2e	1	1.657	67,7	5	5,5
b2b	1	1.657	67,7	5	-5,5
e2b2e	1	722	67,7	9,9	5,5
e2b2b	1	722	67,7	9,9	-5,5
e1b2e	1	722	67,7	13,4	5,5

e1b2b	1	722	67,7	13,4	-5,5
Escotilla 2e	0	0	67,68	18,541	5,4
Escotilla 2b	0	0	67,68	18,541	-5,4
3º Anillo de carga					
b3e	1	1.349	94,5	5,2	4,6
b3b	1	1.349	94,5	5,2	-4,6
e2b3e	1	695	95,2	9,9	5,3
e2b3b	1	695	95,2	9,9	-5,3
e1b3e	1	715	95,5	13,4	5,5
e1b3b	1	715	95,5	13,4	-5,5
Escotilla 3e	0	0	95,58	18,541	5,4
Escotilla 3b	0	0	95,58	18,541	-5,4
4º Anillo de carga					
b4e	1	582	119	5,4	2,7
b4b	1	582	119	5,4	-2,7
e2b4e	1	384,7	119,4	9,9	3,9
e2b4b	1	384,7	119,4	9,9	-3,9
e1b4e	0,4	435,3	119,7	13,4	4,3
e1b4b	0,4	435,3	119,7	13,4	-4,3
Escotilla 4e	0	0	120,38	18,541	4,4
Escotilla 4b	0	0	120,38	18,541	-4,4
5º Anillo de carga					
e2b5e	0	101,6	136,5	10	1,9
e2b5b	0	101,6	136,5	10	-1,9
e1b5e	0	137,4	136,8	13	2,5
e1b5b	0	137,4	136,8	13	-2,5
Escotilla 5e	0	0	137,41	20,695	2,9
Escotilla 5b	0	0	137,41	20,695	-2,9
Superestructura					
SpE	0	218,4	148,1	16,2	1
SeB	0	218,4	148,1	16,2	-1
Total Espacios de carga seca		17.162	79,068	7,915	0
Peso del acero del casco					
Acero Casco	1	4.250	69,563	9,093	0
Cámara de máquinas					
Maquinaria propulsora (7S65ME-C	1	470	25,09	6,91	0
Equipo de bombas MP	1	15	25,09	4	0
Línea de ejes	1	42	9,51	3,8	0
Hélice	1	19	4,06	3,8	0
Tubería y valvulería	1	190	20,32	9,5	0
Caldera	1	20	11	13	0
Motores auxiliares y alternador	1	120	11,33	9,7	0
Grupo de emergencia	1	40	0	0	0
Compresores Generadores	1	5	10,43	9,21	0
Bombas de carga y lastre	1	25	23,5	9,2	0

Pisos, tecles, escaleras, etc.	1	100	19,23	7,2	0
Tubería de exhaustación	1	40	13,37	12,8	0
Purificadoras y calentadoras	1	6	29,32	10,23	0
Electricidad	1	35	19,23	7,2	0
Ventilación mecánica de la CM	1	18	19,23	7,2	0
Bombas casco, taller, etc.	1	25	18,45	12,63	0
Total Weight=		26.979	LCG=71,728 m	VCG=8,508 m	TGC=0 m

Draft Amidsh. m	10,484
Displacement tonne	26.979
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	10,442
Draft at AP m	10,526
Draft at LCF m	10,5
Trim (+ve by stern) m	0,084
WL Length m	159,538
WL Beam m	25,007
Wetted Area m^2	5.444,265
Waterpl. Area m^2	3.161,75
Prismatic Coeff.	0,654
Block Coeff.	0,64
Midship Area Coeff.	0,981
Waterpl. Area Coeff.	0,816
LCB from zero pt. m	71,725
LCF from zero pt. m	67,541
KB m	5,803
KG solid m	8,508
BMt m	5,299
BML m	178,09
GMt m	2,594
GML m	175,385
KMt m	11,101
KML m	183,892
Immersion (TPc) tonne/cm	32,408
MTc tonne.m	305,3
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1.221,076
Max deck inclination deg	0,1
Trim angle (+ve by stern) deg	0,1

8. Carga homogénea 1,25 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales llenos

Tanques de agua					
Tanque de agua dulce B	0%	0	-0,02	13,093	-6,611
Tanque de agua dulce E	22%	22,82	-0,557	11,992	5,981
Tanque de agua dulce destilada	10%	2,379	3,008	11,76	6,751
Total Tanques de Agua		25,2	-0,22	11,97	6,054
Tanques varios					
Tanque de aguas aceitosas	10%	1,535	10,09	0,346	-0,006
Tanque de lodos	10%	2,685	14,504	7,197	-6,649
Tanque derrames	10%	2,285	13,322	0,194	-0,012
Tanque de retorno	10%	3,376	18,591	0,151	-0,019
Tanque de reboses	10%	0,788	26,384	0,35	-2,178
Total Tanques varios		10,67	15,786	1,977	-1,844
Tanques de aceites					
Tanque almacén aceite M.P.	10%	1,576	23,358	9,155	-9,686
Tanque almacén aceite MM.AA.	10%	0,822	23,358	11,743	9,886
Tanque de aceite sucio	10%	3,102	24,731	0,128	-0,021
Total Tanques de aceite		5,5	24,132	4,45	-1,31
Tanques de D.O.					
Tanque almacén D.O. B	0%	0	24,669	11,677	-9,81
Tanque almacén D.O. E	0%	0	24,669	11,677	9,81
Tanque servicio diario D.O.	41%	11,67	16,483	10,126	-9,375
Total Tanques de D.O.		11,67	16,483	10,126	-9,375
Tanques de F.O.					
Tk. FO. Popa Er	0%	0	-0,606	15,9	5,082
Tk. FO. Popa Br	0%	0	-0,606	15,9	-5,082
Tk. FO. cub. pp. E.	0%	0	26,633	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pp. CE.	0%	0	26,633	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pp. CB.	0%	0	26,633	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pp. B.	0%	0	26,633	15,9	-9,375
Tk. FO. medio Er	0%	0	31,715	9,9	7
Tk. FO. medio C	0%	0	31,715	9,9	0
Tk. FO. medio Br	0%	0	31,715	9,9	-7
Tk. FO. alto Er	0%	0	31,715	12,9	7
Tk. FO. alto C	0%	0	31,715	12,9	0
Tk. FO. alto Br	0%	0	31,715	12,9	-7
Tk. FO. cub. pr. E.	0%	0	31,715	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pr. CE	0%	0	31,715	15,9	3,125

Tk. FO. cub. pr. CB	0%	0	31,715	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pr. B	0%	0	31,715	15,9	-9,375
Tk. FO. bajo Er	0%	0	31,843	5,867	5,826
Tk. FO. bajo C	25%	53,4	31,714	2,363	-0,007
Tk. FO. bajo Br	0%	0	31,843	5,867	-5,826
Tanque servicio diario F.O. B	100%	62,8	20,134	11,837	-11,159
Tanque servicio diario F.O. E	100%	35,23	20,098	13,023	11,254
Tanque sedimentación F.O. E	100%	52,4	27,943	11,4	9,6
Tanque sedimentación F.O. B	100%	52,4	27,943	11,4	-9,6
Total tanques de F.O.		256,2	25,735	9,846	-1,19
Tanques de lastre					
Pique de popa					
pique de popa	100%	146,9	3,26	9,295	0
Anillo tanques de F.O.					
lastre tk. FO: bajo Er	100%	83,7	31,52	4,812	8,697
lastre tk. FO: bajo Br	100%	83,7	31,52	4,812	-8,697
lastre tk. FO: medio Er	100%	25,39	32,079	9,94	11,682
lastre tk. FO: medio Br	100%	25,39	32,079	9,94	-11,682
lastre tk. FO: alto Er	0%	0	32,032	12,908	11,741
lastre tk. FO: alto Br	0%	0	32,032	12,908	-11,741
1º Anillo de carga					
dfb1e	100%	247,3	44,402	0,825	4,155
dfb1b	100%	247,3	44,402	0,825	-4,155
lastreb1e	100%	224,3	43,449	4,704	10,705
lastreb1b	100%	224,3	43,449	4,704	-10,705
lastre e2b1e	0%	0	44,498	9,906	11,739
lastre e2b1b	0%	0	44,498	9,906	-11,739
lastre e1b1e	0%	0	44,435	12,901	11,749
lastre e1b1b	0%	0	44,435	12,901	-11,749
2º Anillo de carga					
dfb2e	0%	0	67,678	0,788	5,566
dfb2b	0%	0	67,678	0,788	-5,566
lastreb2e	0%	0	67,619	5,012	11,706
lastreb2b	0%	0	67,619	5,012	-11,706
lastre e2b2e	0%	0	67,634	9,901	11,748
lastre e2b2b	0%	0	67,634	9,901	-11,748
lastre e1b2e	0%	0	67,665	12,9	11,75
lastre e1b2b	0%	0	67,665	12,9	-11,75
3º Anillo de carga					
dfb3e	0%	0	93,713	0,814	4,077
dfb3b	0%	0	93,713	0,814	-4,077
lastreb3e	0%	0	96,343	4,691	9,649
lastreb3b	0%	0	96,343	4,691	-9,649
lastre e2b3e	0%	0	95,689	9,895	11,192
lastre e2b3b	0%	0	95,689	9,895	-11,192
lastre e1b3e	0%	0	94,994	12,922	11,573

lastre e1b3b	0%	0	94,994	12,922	-11,573
4º Anillo de carga					
dfb4e	0%	0	118,876	0,859	1,852
dfb4b	0%	0	118,876	0,859	-1,852
lastreb4e	0%	0	119,669	4,798	5,823
lastreb4b	0%	0	119,669	4,798	-5,823
lastre e2b4e	0%	0	119,532	9,881	8,264
lastre e2b4b	0%	0	119,532	9,881	-8,264
lastre e1b4e	0%	0	120,151	12,94	9,179
lastre e1b4b	0%	0	120,151	12,94	-9,179
5º Anillo de carga					
dfb5e	0%	0	134,992	2,053	1,267
dfb5b	0%	0	134,992	2,053	-1,267
lastreb5e	0%	0	135,127	5,705	3,141
lastreb5b	0%	0	135,127	5,705	-3,141
lastre e2b5e	0%	0	137,332	9,96	4,013
lastre e2b5b	0%	0	137,332	9,96	-4,013
lastre e1b5e	0%	0	137,218	12,929	5,359
lastre e1b5b	0%	0	137,218	12,929	-5,359
Empujador					
df empujador	0%	0	143,962	0,892	0
Pique de proa					
pique de proa	0%	0	152,57	7,151	0
Total Tanques de lastre		1.308	37,328	3,97	0
Tanques de aceite vegetal					
b5e	100%	96,2	134,862	6,233	1,404
b5b	100%	96,2	134,862	6,233	-1,404
Total Tanques de aceite vegetal		192,3	134,862	6,233	0
Espacios de carga seca					
1º Anillo de carga					
b1e	1	1.165	44,8	5,1	5,1
b1b	1	1.165	44,8	5,1	-5,1
e2b1e	0,74	561	44,4	9,9	5,5
e2b1b	0,74	561	44,4	9,9	-5,5
e1b1e	0	561	44,2	13,1	5,5
e1b1b	0	561	44,2	13,1	-5,5
Escotilla 1e	0	0	42,88	18,541	5,4
Escotilla 1b	0	0	42,88	18,541	-5,4
2º Anillo de carga					
b2e	1	1.657	67,7	5	5,5
b2b	1	1.657	67,7	5	-5,5
e2b2e	1	722	67,7	9,9	5,5
e2b2b	1	722	67,7	9,9	-5,5
e1b2e	1	722	67,7	13,4	5,5

e1b2b	1	722	67,7	13,4	-5,5
Escotilla 2e	0	0	67,68	18,541	5,4
Escotilla 2b	0	0	67,68	18,541	-5,4
3º Anillo de carga					
b3e	1	1.349	94,5	5,2	4,6
b3b	1	1.349	94,5	5,2	-4,6
e2b3e	1	695	95,2	9,9	5,3
e2b3b	1	695	95,2	9,9	-5,3
e1b3e	1	715	95,5	13,4	5,5
e1b3b	1	715	95,5	13,4	-5,5
Escotilla 3e	0	0	95,58	18,541	5,4
Escotilla 3b	0	0	95,58	18,541	-5,4
4º Anillo de carga					
b4e	1	582	119	5,4	2,7
b4b	1	582	119	5,4	-2,7
e2b4e	1	384,7	119,4	9,9	3,9
e2b4b	1	384,7	119,4	9,9	-3,9
e1b4e	0,4	435,3	119,7	13,4	4,3
e1b4b	0,4	435,3	119,7	13,4	-4,3
Escotilla 4e	0	0	120,38	18,541	4,4
Escotilla 4b	0	0	120,38	18,541	-4,4
5º Anillo de carga					
e2b5e	0	101,6	136,5	10	1,9
e2b5b	0	101,6	136,5	10	-1,9
e1b5e	0	137,4	136,8	13	2,5
e1b5b	0	137,4	136,8	13	-2,5
Escotilla 5e	0	0	137,41	20,695	2,9
Escotilla 5b	0	0	137,41	20,695	-2,9
Superestructura					
SpE	0	218,4	148,1	16,2	1
SeB	0	218,4	148,1	16,2	-1
Total Espacios de carga seca		17162	79,073	7,915	0
Peso del acero del casco					
Acero Casco	1	4.250	69,563	9,093	0
Cámara de máquinas					
Maquinaria propulsora (7S65ME-C	1	470	25,09	6,91	0
Equipo de bombas MP	1	15	25,09	4	0
Línea de ejes	1	42	9,51	3,8	0
Hélice	1	19	4,06	3,8	0
Tubería y valvulería	1	190	20,32	9,5	0
Caldera	1	20	11	13	0
Motores auxiliares y alternador	1	120	11,33	9,7	0
Grupo de emergencia	1	40	0	0	0
Compresores Generadores	1	5	10,43	9,21	0
Bombas de carga y lastre	1	25	23,5	9,2	0

Pisos, tecles, escaleras, etc.	1	100	19,23	7,2	0
Tubería de exhaustación	1	40	13,37	12,8	0
Purificadoras y calentadoras	1	6	29,32	10,23	0
Electricidad	1	35	19,23	7,2	0
Ventilación mecánica de la CM	1	18	19,23	7,2	0
Bombas casco, taller, etc.	1	25	18,45	12,63	0
Total Weight=		24.491	LCG=72,283 m	VCG=7,954 m	TGC=0 m

Draft Amidsh. m	9,765
Displacement tonne	24.491
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	9,737
Draft at AP m	9,793
Draft at LCF m	9,768
Trim (+ve by stern) m	0,056
WL Length m	156,998
WL Beam m	25,008
Wetted Area m^2	5.158,936
Waterpl. Area m^2	3.076,266
Prismatic Coeff.	0,642
Block Coeff.	0,63
Midship Area Coeff.	0,982
Waterpl. Area Coeff.	0,794
LCB from zero pt. m	72,283
LCF from zero pt. m	68,136
KB m	5,36
KG solid m	7,954
BMt m	5,603
BML m	182,533
GMt m	2,991
GML m	179,922
KMt m	10,963
KML m	187,893
Immersion (TPc) tonne/cm	31,532
MTc tonne.m	284,328
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1.278,463
Max deck inclination deg	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0

9. Carga homogénea 1,40 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales llenos

Tanques de agua					
Tanque de agua dulce B	100%	127,4	-0,02	13,093	-6,611
Tanque de agua dulce E	100%	103,7	-0,719	13,103	6,467
Tanque de agua dulce destilada	100%	23,79	3,007	13,051	7,229
Total Tanques de Agua		254,9	-0,022	13,094	0,003
Tanques varios					
Tanque de aguas aceitosas	0%	0	9,212	1,133	0
Tanque de lodos	0%	0	13,154	8,19	-7,324
Tanque derrames	0%	0	13,313	1,007	0
Tanque de retorno	0%	0	18,462	0,94	0
Tanque de reboses	0%	0	26,356	1,125	-2,749
Total Tanques varios		0	15,724	1,975	-1,862
Tanques de aceites					
Tanque almacén aceite M.P.	100%	15,77	23,358	11,688	-9,88
Tanque almacén aceite MM.AA.	100%	8,22	23,358	13,007	9,956
Tanque de aceite sucio	0%	0	24,674	0,923	0
Total Tanques de aceite		23,99	23,358	12,14	-3,084
Tanques de D.O.					
Tanque almacén D.O. B	100%	43,96	24,669	11,677	-9,81
Tanque almacén D.O. E	100%	43,96	24,669	11,677	9,81
Tanque servicio diario D.O.	100%	28,74	16,482	11,757	-9,577
Total Tanques de D.O.		116,7	22,652	11,696	-2,36
Tanques de F.O.					
Tk. FO. Popa Er	100%	212	-0,606	15,9	5,082
Tk. FO. Popa Br	100%	212	-0,606	15,9	-5,082
Tk. FO. cub. pp. E.	100%	79,6	26,633	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pp. CE.	100%	79,6	26,633	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pp. CB.	100%	79,6	26,633	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pp. B.	100%	79,6	26,633	15,9	-9,375
Tk. FO. medio Er	100%	123,9	31,715	9,9	7
Tk. FO. medio C	100%	92,9	31,715	9,9	0
Tk. FO. medio Br	100%	123,9	31,715	9,9	-7
Tk. FO. alto Er	100%	123,9	31,715	12,9	7
Tk. FO. alto C	100%	92,9	31,715	12,9	0
Tk. FO. alto Br	100%	123,9	31,715	12,9	-7
Tk. FO. cub. pr. E.	100%	96,8	31,715	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pr. CE	100%	96,8	31,715	15,9	3,125

Tk. FO. cub. pr. CB	100%	96,8	31,715	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pr. B	100%	96,8	31,715	15,9	-9,375
Tk. FO. bajo Er	100%	165,1	31,843	5,867	5,826
Tk. FO. bajo C	100%	213,7	31,715	4,95	0
Tk. FO. bajo Br	100%	165,1	31,843	5,867	-5,826
Tanque servicio diario F.O. B	100%	62,8	20,134	11,837	-11,159
Tanque servicio diario F.O. E	100%	35,23	20,098	13,023	11,254
Tanque sedimentación F.O. E	100%	52,4	27,943	11,4	9,6
Tanque sedimentación F.O. B	100%	52,4	27,943	11,4	-9,6
Total tanques de F.O.		2.558	25,143	12,167	-0,119
Tanques de lastre					
Pique de popa					
pique de popa	0%	0	3,26	9,295	0
Anillo tanques de F.O.					
lastre tk. FO: bajo Er	0%	0	31,52	4,812	8,697
lastre tk. FO: bajo Br	0%	0	31,52	4,812	-8,697
lastre tk. FO: medio Er	0%	0	32,079	9,94	11,682
lastre tk. FO: medio Br	0%	0	32,079	9,94	-11,682
lastre tk. FO: alto Er	0%	0	32,032	12,908	11,741
lastre tk. FO: alto Br	0%	0	32,032	12,908	-11,741
1º Anillo de carga					
dfb1e	0%	0	44,402	0,825	4,155
dfb1b	0%	0	44,402	0,825	-4,155
lastreb1e	0%	0	43,449	4,704	10,705
lastreb1b	0%	0	43,449	4,704	-10,705
lastre e2b1e	0%	0	44,498	9,906	11,739
lastre e2b1b	0%	0	44,498	9,906	-11,739
lastre e1b1e	0%	0	44,435	12,901	11,749
lastre e1b1b	0%	0	44,435	12,901	-11,749
2º Anillo de carga					
dfb2e	0%	0	67,678	0,788	5,566
dfb2b	0%	0	67,678	0,788	-5,566
lastreb2e	0%	0	67,619	5,012	11,706
lastreb2b	0%	0	67,619	5,012	-11,706
lastre e2b2e	0%	0	67,634	9,901	11,748
lastre e2b2b	0%	0	67,634	9,901	-11,748
lastre e1b2e	0%	0	67,665	12,9	11,75
lastre e1b2b	0%	0	67,665	12,9	-11,75
3º Anillo de carga					
dfb3e	0%	0	93,713	0,814	4,077
dfb3b	0%	0	93,713	0,814	-4,077
lastreb3e	0%	0	96,343	4,691	9,649
lastreb3b	0%	0	96,343	4,691	-9,649
lastre e2b3e	0%	0	95,689	9,895	11,192
lastre e2b3b	0%	0	95,689	9,895	-11,192
lastre e1b3e	0%	0	94,994	12,922	11,573

lastre e1b3b	0%	0	94,994	12,922	-11,573
4º Anillo de carga					
dfb4e	100%	106,8	118,876	0,859	1,852
dfb4b	100%	106,8	118,876	0,859	-1,852
lastreb4e	0%	0	119,669	4,798	5,823
lastreb4b	0%	0	119,669	4,798	-5,823
lastre e2b4e	100%	75,1	119,532	9,881	8,264
lastre e2b4b	100%	75,1	119,532	9,881	-8,264
lastre e1b4e	0%	0	120,151	12,94	9,179
lastre e1b4b	0%	0	120,151	12,94	-9,179
5º Anillo de carga					
dfb5e	100%	64,5	134,992	2,053	1,267
dfb5b	100%	64,5	134,992	2,053	-1,267
lastreb5e	100%	44,82	135,127	5,705	3,141
lastreb5b	100%	44,82	135,127	5,705	-3,141
lastre e2b5e	100%	35,65	137,332	9,96	4,013
lastre e2b5b	100%	35,65	137,332	9,96	-4,013
lastre e1b5e	0%	0	137,218	12,929	5,359
lastre e1b5b	0%	0	137,218	12,929	-5,359
Empujador					
df empujador	100%	31,77	143,962	0,892	0
Pique de proa					
pique de proa	100%	259,7	152,57	7,151	0
Total Tanques de lastre		1.125	125,644	4,711	0
Tanques de aceite vegetal					
b5e	100%	96,2	134,862	6,233	1,404
b5b	100%	96,2	134,862	6,233	-1,404
Total Tanques de aceite vegetal		1.138	134,325	5,484	0
Espacios de carga seca					
1º Anillo de carga					
b1e	0,85	1.041	44,8	5,1	5,1
b1b	0,85	1.041	44,8	5,1	-5,1
e2b1e	1	501	44,4	9,9	5,5
e2b1b	1	501	44,4	9,9	-5,5
e1b1e	1	501	44,2	13,1	5,5
e1b1b	1	501	44,2	13,1	-5,5
Escotilla 1e	1	0	42,88	18,541	5,4
Escotilla 1b	1	0	42,88	18,541	-5,4
2º Anillo de carga					
b2e	1	1.480	67,7	5	5,5
b2b	1	1.480	67,7	5	-5,5
e2b2e	1	645	67,7	9,9	5,5
e2b2b	1	645	67,7	9,9	-5,5
e1b2e	1	645	67,7	13,4	5,5

e1b2b	1	645	67,7	13,4	-5,5
Escotilla 2e	1	0	67,68	18,541	5,4
Escotilla 2b	1	0	67,68	18,541	-5,4
3º Anillo de carga					
b3e	1	1.204	94,5	5,2	4,6
b3b	1	1.204	94,5	5,2	-4,6
e2b3e	1	620	95,2	9,9	5,3
e2b3b	1	620	95,2	9,9	-5,3
e1b3e	1	639	95,5	13,4	5,5
e1b3b	1	639	95,5	13,4	-5,5
Escotilla 3e	1	0	95,58	18,541	5,4
Escotilla 3b	1	0	95,58	18,541	-5,4
4º Anillo de carga					
b4e	1	519	119	5,4	2,7
b4b	1	519	119	5,4	-2,7
e2b4e	1	343,5	119,4	9,9	3,9
e2b4b	1	343,5	119,4	9,9	-3,9
e1b4e	1	388,7	119,7	13,4	4,3
e1b4b	1	388,7	119,7	13,4	-4,3
Escotilla 4e	1	0	120,38	18,541	4,4
Escotilla 4b	1	0	120,38	18,541	-4,4
5º Anillo de carga					
e2b5e	1	90,7	136,5	10	1,9
e2b5b	1	90,7	136,5	10	-1,9
e1b5e	1	122,7	136,8	13	2,5
e1b5b	1	122,7	136,8	13	-2,5
Escotilla 5e	1	0	137,41	20,695	2,9
Escotilla 5b	1	0	137,41	20,695	-2,9
Superestructura					
SpE	0	195	148,1	16,2	1
SeB	0	195	148,1	16,2	-1
Total Espacios de carga seca		17.168	79,664	8,543	0
Peso del acero del casco					
Acero Casco	1	4.250	69,563	9,093	0
Cámara de máquinas					
Maquinaria propulsora (7S65ME-C	1	470	25,09	6,91	0
Equipo de bombas MP	1	15	25,09	4	0
Línea de ejes	1	42	9,51	3,8	0
Hélice	1	19	4,06	3,8	0
Tubería y valvulería	1	190	20,32	9,5	0
Caldera	1	20	11	13	0
Motores auxiliares y alternador	1	120	11,33	9,7	0
Grupo de emergencia	1	40	0	0	0
Compresores Generadores	1	5	10,43	9,21	0
Bombas de carga y lastre	1	25	23,5	9,2	0

Pisos, tecles, escaleras, etc.	1	100	19,23	7,2	0
Tubería de exhaustación	1	40	13,37	12,8	0
Purificadoras y calentadoras	1	6	29,32	10,23	0
Electricidad	1	35	19,23	7,2	0
Ventilación mecánica de la CM	1	18	19,23	7,2	0
Bombas casco, taller, etc.	1	25	18,45	12,63	0
Total Weight=		26.778	LCG=71,677 m	VCG=8,910 m	TGC=0 m

Draft Amidsh. m	10,467
Displacement tonne	26.778
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	10,338
Draft at AP m	10,596
Draft at LCF m	10,484
Trim (+ve by stern) m	0,258
WL Length m	159,556
WL Beam m	25,007
Wetted Area m^2	5.421,531
Waterpl. Area m^2	3.156,297
Prismatic Coeff.	0,653
Block Coeff.	0,637
Midship Area Coeff.	0,98
Waterpl. Area Coeff.	0,814
LCB from zero pt. m	71,671
LCF from zero pt. m	67,513
KB m	5,767
KG solid m	8,91
BMt m	5,325
BML m	178,609
GMt m	2,183
GML m	175,466
KMt m	11,092
KML m	184,376
Immersion (TPc) tonne/cm	32,352
MTc tonne.m	303,169
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1.019,981
Max deck inclination deg	0,1
Trim angle (+ve by stern) deg	0,1

10. Carga homogénea 1,40 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales llenos

Tanques de agua					
Tanque de agua dulce B	0%	0	-0,02	13,093	-6,611
Tanque de agua dulce E	22%	22,82	-0,551	11,992	5,996
Tanque de agua dulce destilada	10%	2,379	3,009	11,76	6,797
Total Tanques de Agua		25,2	-0,215	11,97	6,072
Tanques varios					
Tanque de aguas aceitosas	10%	1,535	10,09	0,346	0
Tanque de lodos	10%	2,681	14,5	7,197	-6,643
Tanque derrames	10%	2,284	13,322	0,194	0
Tanque de retorno	10%	3,375	18,592	0,151	0
Tanque de reboses	10%	0,787	26,383	0,35	-2,175
Total Tanques varios		10,66	15,785	1,975	-1,831
Tanques de aceites					
Tanque almacén aceite M.P.	10%	1,577	23,358	9,155	-9,674
Tanque almacén aceite MM.AA.	10%	0,822	23,358	11,743	9,914
Tanque de aceite sucio	10%	3,101	24,732	0,128	0
Total Tanques de aceite		5,5	24,133	4,451	-1,292
Tanques de D.O.					
Tanque almacén D.O. B	0%	0	24,669	11,677	-9,81
Tanque almacén D.O. E	0%	0	24,669	11,677	9,81
Tanque servicio diario D.O.	41%	11,67	16,483	10,126	-9,371
Total Tanques de D.O.		11,67	16,483	10,126	-9,371
Tanques de F.O.					
Tk. FO. Popa Er	0%	0	-0,606	15,9	5,082
Tk. FO. Popa Br	0%	0	-0,606	15,9	-5,082
Tk. FO. cub. pp. E.	0%	0	26,633	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pp. CE.	0%	0	26,633	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pp. CB.	0%	0	26,633	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pp. B.	0%	0	26,633	15,9	-9,375
Tk. FO. medio Er	0%	0	31,715	9,9	7
Tk. FO. medio C	0%	0	31,715	9,9	0
Tk. FO. medio Br	0%	0	31,715	9,9	-7
Tk. FO. alto Er	0%	0	31,715	12,9	7
Tk. FO. alto C	0%	0	31,715	12,9	0
Tk. FO. alto Br	0%	0	31,715	12,9	-7
Tk. FO. cub. pr. E.	0%	0	31,715	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pr. CE	0%	0	31,715	15,9	3,125

Tk. FO. cub. pr. CB	0%	0	31,715	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pr. B	0%	0	31,715	15,9	-9,375
Tk. FO. bajo Er	35%	57,8	31,961	3,828	4,756
Tk. FO. bajo C	0%	0	31,715	4,95	0
Tk. FO. bajo Br	0%	0	31,843	5,867	-5,826
Tanque servicio diario F.O. B	100%	62,8	20,134	11,837	-11,159
Tanque servicio diario F.O. E	100%	35,23	20,098	13,023	11,254
Tanque sedimentación F.O. E	100%	52,4	27,943	11,4	9,6
Tanque sedimentación F.O. B	100%	52,4	27,943	11,4	-9,6
Total tanques de F.O.		260,6	25,89	10,046	-0,115
Tanques de lastre					
Pique de popa					
pique de popa	100%	146,9	3,26	9,295	0
Anillo tanques de F.O.					
lastre tk. FO: bajo Er	100%	83,7	31,52	4,812	8,697
lastre tk. FO: bajo Br	100%	83,7	31,52	4,812	-8,697
lastre tk. FO: medio Er	100%	25,39	32,079	9,94	11,682
lastre tk. FO: medio Br	100%	25,39	32,079	9,94	-11,682
lastre tk. FO: alto Er	100%	27,67	32,032	12,908	11,741
lastre tk. FO: alto Br	100%	27,67	32,032	12,908	-11,741
1º Anillo de carga					
dfb1e	100%	247,3	44,402	0,825	4,155
dfb1b	100%	247,3	44,402	0,825	-4,155
lastreb1e	100%	224,3	43,449	4,704	10,705
lastreb1b	100%	224,3	43,449	4,704	-10,705
lastre e2b1e	100%	82,8	44,498	9,906	11,739
lastre e2b1b	100%	82,8	44,498	9,906	-11,739
lastre e1b1e	100%	83,9	44,435	12,901	11,749
lastre e1b1b	100%	83,9	44,435	12,901	-11,749
2º Anillo de carga					
dfb2e	0%	0	67,678	0,788	5,566
dfb2b	0%	0	67,678	0,788	-5,566
lastreb2e	0%	0	67,619	5,012	11,706
lastreb2b	0%	0	67,619	5,012	-11,706
lastre e2b2e	0%	0	67,634	9,901	11,748
lastre e2b2b	0%	0	67,634	9,901	-11,748
lastre e1b2e	0%	0	67,665	12,9	11,75
lastre e1b2b	0%	0	67,665	12,9	-11,75
3º Anillo de carga					
dfb3e	0%	0	93,713	0,814	4,077
dfb3b	0%	0	93,713	0,814	-4,077
lastreb3e	0%	0	96,343	4,691	9,649
lastreb3b	0%	0	96,343	4,691	-9,649
lastre e2b3e	0%	0	95,689	9,895	11,192
lastre e2b3b	0%	0	95,689	9,895	-11,192
lastre e1b3e	0%	0	94,994	12,922	11,573

lastre e1b3b	0%	0	94,994	12,922	-11,573
4º Anillo de carga					
dfb4e	0%	0	118,876	0,859	1,852
dfb4b	0%	0	118,876	0,859	-1,852
lastreb4e	0%	0	119,669	4,798	5,823
lastreb4b	0%	0	119,669	4,798	-5,823
lastre e2b4e	0%	0	119,532	9,881	8,264
lastre e2b4b	0%	0	119,532	9,881	-8,264
lastre e1b4e	0%	0	120,151	12,94	9,179
lastre e1b4b	0%	0	120,151	12,94	-9,179
5º Anillo de carga					
dfb5e	0%	0	134,992	2,053	1,267
dfb5b	0%	0	134,992	2,053	-1,267
lastreb5e	0%	0	135,127	5,705	3,141
lastreb5b	0%	0	135,127	5,705	-3,141
lastre e2b5e	0%	0	137,332	9,96	4,013
lastre e2b5b	0%	0	137,332	9,96	-4,013
lastre e1b5e	0%	0	137,218	12,929	5,359
lastre e1b5b	0%	0	137,218	12,929	-5,359
Empujador					
df empujador	0%	0	143,962	0,892	0
Pique de proa					
pique de proa	0%	0	152,57	7,151	0
Total Tanques de lastre		0	0	0	0
Tanques de aceite vegetal					
b5e	100%	96,2	134,862	6,233	1,404
b5b	100%	96,2	134,862	6,233	-1,404
Total Tanques de aceite vegetal		1.889	48,361	5,776	0
Espacios de carga seca					
1º Anillo de carga					
b1e	0,85	1.041	44,8	5,1	5,1
b1b	0,85	1.041	44,8	5,1	-5,1
e2b1e	1	501	44,4	9,9	5,5
e2b1b	1	501	44,4	9,9	-5,5
e1b1e	1	501	44,2	13,1	5,5
e1b1b	1	501	44,2	13,1	-5,5
Escotilla 1e	1	0	42,88	18,541	5,4
Escotilla 1b	1	0	42,88	18,541	-5,4
2º Anillo de carga					
b2e	1	1.480	67,7	5	5,5
b2b	1	1.480	67,7	5	-5,5
e2b2e	1	645	67,7	9,9	5,5
e2b2b	1	645	67,7	9,9	-5,5
e1b2e	1	645	67,7	13,4	5,5

e1b2b	1	645	67,7	13,4	-5,5
Escotilla 2e	1	0	67,68	18,541	5,4
Escotilla 2b	1	0	67,68	18,541	-5,4
3º Anillo de carga					
b3e	1	1.204	94,5	5,2	4,6
b3b	1	1.204	94,5	5,2	-4,6
e2b3e	1	620	95,2	9,9	5,3
e2b3b	1	620	95,2	9,9	-5,3
e1b3e	1	639	95,5	13,4	5,5
e1b3b	1	639	95,5	13,4	-5,5
Escotilla 3e	1	0	95,58	18,541	5,4
Escotilla 3b	1	0	95,58	18,541	-5,4
4º Anillo de carga					
b4e	1	519	119	5,4	2,7
b4b	1	519	119	5,4	-2,7
e2b4e	1	343,5	119,4	9,9	3,9
e2b4b	1	343,5	119,4	9,9	-3,9
e1b4e	1	388,7	119,7	13,4	4,3
e1b4b	1	388,7	119,7	13,4	-4,3
Escotilla 4e	1	0	120,38	18,541	4,4
Escotilla 4b	1	0	120,38	18,541	-4,4
5º Anillo de carga					
e2b5e	1	90,7	136,5	10	1,9
e2b5b	1	90,7	136,5	10	-1,9
e1b5e	1	122,7	136,8	13	2,5
e1b5b	1	122,7	136,8	13	-2,5
Escotilla 5e	1	0	137,41	20,695	2,9
Escotilla 5b	1	0	137,41	20,695	-2,9
Superestructura					
SpE	0	195	148,1	16,2	1
SeB	0	195	148,1	16,2	-1
Total Espacios de carga seca		17.168	79,664	8,543	0
Peso del acero del casco					
Acero Casco	1	4.250	69,563	9,093	0
Cámara de máquinas					
Maquinaria propulsora (7S65ME-C	1	470	25,09	6,91	0
Equipo de bombas MP	1	15	25,09	4	0
Línea de ejes	1	42	9,51	3,8	0
Hélice	1	19	4,06	3,8	0
Tubería y valvulería	1	190	20,32	9,5	0
Caldera	1	20	11	13	0
Motores auxiliares y alternador	1	120	11,33	9,7	0
Grupo de emergencia	1	40	0	0	0
Compresores Generadores	1	5	10,43	9,21	0
Bombas de carga y lastre	1	25	23,5	9,2	0

Pisos, tecles, escaleras, etc.	1	100	19,23	7,2	0
Tubería de exhaustación	1	40	13,37	12,8	0
Purificadoras y calentadoras	1	6	29,32	10,23	0
Electricidad	1	35	19,23	7,2	0
Ventilación mecánica de la CM	1	18	19,23	7,2	0
Bombas casco, taller, etc.	1	25	18,45	12,63	0
Total Weight=		24.890	LCG=72,224 m	VCG=8,447 m	TGC=0 m

Draft Amidsh. m	9,891
Displacement tonne	24.889
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	9,866
Draft at AP m	9,916
Draft at LCF m	9,894
Trim (+ve by stern) m	0,05
WL Length m	157,403
WL Beam m	25,007
Wetted Area m^2	5.204,892
Waterpl. Area m^2	3.089,908
Prismatic Coeff.	0,644
Block Coeff.	0,632
Midship Area Coeff.	0,984
Waterpl. Area Coeff.	0,797
LCB from zero pt. m	72,224
LCF from zero pt. m	68,053
KB m	5,432
KG solid m	8,447
BMt m	5,55
BML m	181,679
GMt m	2,512
GML m	178,641
KMt m	10,982
KML m	187,111
Immersion (TPc) tonne/cm	31,672
MTc tonne.m	286,901
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1.091,313
Max deck inclination deg	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0

11. Carga homogénea 1,55 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales llenos

Tanques de agua					
Tanque de agua dulce B	100%	127,4	-0,02	13,093	-6,611
Tanque de agua dulce E	100%	103,7	-0,719	13,103	6,467
Tanque de agua dulce destilada	100%	23,79	3,007	13,051	7,229
Total Tanques de Agua		254,9	-0,022	13,094	0,003
Tanques varios					
Tanque de aguas aceitosas	0%	0	9,212	1,133	0
Tanque de lodos	0%	0	13,154	8,19	-7,324
Tanque derrames	0%	0	13,313	1,007	0
Tanque de retorno	0%	0	18,462	0,94	0
Tanque de reboses	0%	0	26,356	1,125	-2,749
Total Tanques varios		0	15,724	1,975	-1,862
Tanques de aceites					
Tanque almacén aceite M.P.	100%	15,77	23,358	11,688	-9,88
Tanque almacén aceite MM.AA.	100%	8,22	23,358	13,007	9,956
Tanque de aceite sucio	0%	0	24,674	0,923	0
Total Tanques de aceite		23,99	23,358	12,14	-3,084
Tanques de D.O.					
Tanque almacén D.O. B	100%	43,96	24,669	11,677	-9,81
Tanque almacén D.O. E	100%	43,96	24,669	11,677	9,81
Tanque servicio diario D.O.	100%	28,74	16,482	11,757	-9,577
Total Tanques de D.O.		116,7	22,652	11,696	-2,36
Tanques de F.O.					
Tk. FO. Popa Er	100%	212	-0,606	15,9	5,082
Tk. FO. Popa Br	100%	212	-0,606	15,9	-5,082
Tk. FO. cub. pp. E.	100%	79,6	26,633	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pp. CE.	100%	79,6	26,633	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pp. CB.	100%	79,6	26,633	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pp. B.	100%	79,6	26,633	15,9	-9,375
Tk. FO. medio Er	100%	123,9	31,715	9,9	7
Tk. FO. medio C	100%	92,9	31,715	9,9	0
Tk. FO. medio Br	100%	123,9	31,715	9,9	-7
Tk. FO. alto Er	100%	123,9	31,715	12,9	7
Tk. FO. alto C	100%	92,9	31,715	12,9	0
Tk. FO. alto Br	100%	123,9	31,715	12,9	-7
Tk. FO. cub. pr. E.	100%	96,8	31,715	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pr. CE	100%	96,8	31,715	15,9	3,125

Tk. FO. cub. pr. CB	100%	96,8	31,715	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pr. B	100%	96,8	31,715	15,9	-9,375
Tk. FO. bajo Er	100%	165,1	31,843	5,867	5,826
Tk. FO. bajo C	100%	213,7	31,715	4,95	0
Tk. FO. bajo Br	100%	165,1	31,843	5,867	-5,826
Tanque servicio diario F.O. B	100%	62,8	20,134	11,837	-11,159
Tanque servicio diario F.O. E	100%	35,23	20,098	13,023	11,254
Tanque sedimentación F.O. E	100%	52,4	27,943	11,4	9,6
Tanque sedimentación F.O. B	100%	52,4	27,943	11,4	-9,6
Total tanques de F.O.		2.558	25,143	12,167	-0,119
Tanques de lastre					
Pique de popa					
pique de popa	0%	0	3,26	9,295	0
Anillo tanques de F.O.					
lastre tk. FO: bajo Er	0%	0	31,52	4,812	8,697
lastre tk. FO: bajo Br	0%	0	31,52	4,812	-8,697
lastre tk. FO: medio Er	0%	0	32,079	9,94	11,682
lastre tk. FO: medio Br	0%	0	32,079	9,94	-11,682
lastre tk. FO: alto Er	0%	0	32,032	12,908	11,741
lastre tk. FO: alto Br	0%	0	32,032	12,908	-11,741
1º Anillo de carga					
dfb1e	0%	0	44,402	0,825	4,155
dfb1b	0%	0	44,402	0,825	-4,155
lastreb1e	0%	0	43,449	4,704	10,705
lastreb1b	0%	0	43,449	4,704	-10,705
lastre e2b1e	0%	0	44,498	9,906	11,739
lastre e2b1b	0%	0	44,498	9,906	-11,739
lastre e1b1e	0%	0	44,435	12,901	11,749
lastre e1b1b	0%	0	44,435	12,901	-11,749
2º Anillo de carga					
dfb2e	0%	0	67,678	0,788	5,566
dfb2b	0%	0	67,678	0,788	-5,566
lastreb2e	0%	0	67,619	5,012	11,706
lastreb2b	0%	0	67,619	5,012	-11,706
lastre e2b2e	0%	0	67,634	9,901	11,748
lastre e2b2b	0%	0	67,634	9,901	-11,748
lastre e1b2e	0%	0	67,665	12,9	11,75
lastre e1b2b	0%	0	67,665	12,9	-11,75
3º Anillo de carga					
dfb3e	0%	0	93,713	0,814	4,077
dfb3b	0%	0	93,713	0,814	-4,077
lastreb3e	0%	0	96,343	4,691	9,649
lastreb3b	0%	0	96,343	4,691	-9,649
lastre e2b3e	0%	0	95,689	9,895	11,192
lastre e2b3b	0%	0	95,689	9,895	-11,192
lastre e1b3e	0%	0	94,994	12,922	11,573

lastre e1b3b	0%	0	94,994	12,922	-11,573
4º Anillo de carga					
dfb4e	0%	0	118,876	0,859	1,852
dfb4b	0%	0	118,876	0,859	-1,852
lastreb4e	0%	0	119,669	4,798	5,823
lastreb4b	0%	0	119,669	4,798	-5,823
lastre e2b4e	100%	75,1	119,532	9,881	8,264
lastre e2b4b	0%	0	119,532	9,881	-8,264
lastre e1b4e	0%	0	120,151	12,94	9,179
lastre e1b4b	0%	0	120,151	12,94	-9,179
5º Anillo de carga					
dfb5e	100%	64,5	134,992	2,053	1,267
dfb5b	100%	64,5	134,992	2,053	-1,267
lastreb5e	100%	44,82	135,127	5,705	3,141
lastreb5b	100%	44,82	135,127	5,705	-3,141
lastre e2b5e	0%	0	137,332	9,96	4,013
lastre e2b5b	0%	0	137,332	9,96	-4,013
lastre e1b5e	0%	0	137,218	12,929	5,359
lastre e1b5b	0%	0	137,218	12,929	-5,359
Empujador					
df empujador	100%	31,77	143,962	0,892	0
Pique de proa					
pique de proa	100%	259,7	152,57	7,151	0
Total Tanques de lastre		0	0	0	0
Tanques de aceite vegetal					
b5e	100%	96,2	134,862	6,233	1,404
b5b	100%	96,2	134,862	6,233	-1,404
Total Tanques de aceite vegetal		778	139,72	5,919	0,798
Espacios de carga seca					
1º Anillo de carga					
b1e	1	940	44,8	5,1	5,1
b1b	1	940	44,8	5,1	-5,1
e2b1e	1	452,8	44,4	9,9	5,5
e2b1b	1	452,8	44,4	9,9	-5,5
e1b1e	1	452,8	44,2	13,1	5,5
e1b1b	1	452,8	44,2	13,1	-5,5
Escotilla 1e	1	0	42,88	18,541	5,4
Escotilla 1b	1	0	42,88	18,541	-5,4
2º Anillo de carga					
b2e	1	1.337	67,7	5	5,5
b2b	1	1.337	67,7	5	-5,5
e2b2e	1	582	67,7	9,9	5,5
e2b2b	1	582	67,7	9,9	-5,5
e1b2e	1	582	67,7	13,4	5,5

e1b2b	1	582	67,7	13,4	-5,5
Escotilla 2e	1	0	67,68	18,541	5,4
Escotilla 2b	1	0	67,68	18,541	-5,4
3º Anillo de carga					
b3e	1	1.088	94,5	5,2	4,6
b3b	1	1.088	94,5	5,2	-4,6
e2b3e	1	560	95,2	9,9	5,3
e2b3b	1	560	95,2	9,9	-5,3
e1b3e	1	577	95,5	13,4	5,5
e1b3b	1	577	95,5	13,4	-5,5
Escotilla 3e	1	0	95,58	18,541	5,4
Escotilla 3b	1	0	95,58	18,541	-5,4
4º Anillo de carga					
b4e	1	468,9	119	5,4	2,7
b4b	1	468,9	119	5,4	-2,7
e2b4e	1	310,2	119,4	9,9	3,9
e2b4b	1	310,2	119,4	9,9	-3,9
e1b4e	1	351	119,7	13,4	4,3
e1b4b	1	351	119,7	13,4	-4,3
Escotilla 4e	1	0	120,38	18,541	4,4
Escotilla 4b	1	0	120,38	18,541	-4,4
5º Anillo de carga					
e2b5e	1	81,9	136,5	10	1,9
e2b5b	1	81,9	136,5	10	-1,9
e1b5e	1	110,8	136,8	13	2,5
e1b5b	1	110,8	136,8	13	-2,5
Escotilla 5e	1	0	137,41	20,695	2,9
Escotilla 5b	1	0	137,41	20,695	-2,9
Superestructura					
SpE	1	176,1	148,1	16,2	1
SeB	1	176,1	148,1	16,2	-1
Total Espacios de carga seca		16.140	80,547	8,65	0
Peso del acero del casco					
Acero Casco	1	4.250	69,563	9,093	0
Cámara de máquinas					
Maquinaria propulsora (7S65ME-C	1	470	25,09	6,91	0
Equipo de bombas MP	1	15	25,09	4	0
Línea de ejes	1	42	9,51	3,8	0
Hélice	1	19	4,06	3,8	0
Tubería y valvulería	1	190	20,32	9,5	0
Caldera	1	20	11	13	0
Motores auxiliares y alternador	1	120	11,33	9,7	0
Grupo de emergencia	1	40	0	0	0
Compresores Generadores	1	5	10,43	9,21	0
Bombas de carga y lastre	1	25	23,5	9,2	0

Pisos, tecles, escaleras, etc.	1	100	19,23	7,2	0
Tubería de exhaustación	1	40	13,37	12,8	0
Purificadoras y calentadoras	1	6	29,32	10,23	0
Electricidad	1	35	19,23	7,2	0
Ventilación mecánica de la CM	1	18	19,23	7,2	0
Bombas casco, taller, etc.	1	25	18,45	12,63	0
Total Weight=		25.390	LCG=71,192 m	VCG=9,055 m	TGC=0 m

Draft Amidsh. m	9,9955
Displacement tonne	25.390
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	9,559
Draft at AP m	10,432
Draft at LCF m	10,053
Trim (+ve by stern) m	0,873
WL Length m	159,818
WL Beam m	25,007
Wetted Area m^2	5.262,705
Waterpl. Area m^2	3.119,25
Prismatic Coeff.	0,645
Block Coeff.	0,617
Midship Area Coeff.	0,983
Waterpl. Area Coeff.	0,805
LCB from zero pt. m	71,172
LCF from zero pt. m	67,284
KB m	5,524
KG solid m	9,055
BMt m	5,519
BML m	182,707
GMt m	1,989
GML m	179,177
KMt m	11,044
KML m	188,232
Immersion (TPc) tonne/cm	31,972
MTc tonne.m	293,546
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	881,383
Max deck inclination deg	0,3
Trim angle (+ve by stern) deg	0,3

12. Carga homogénea 1,55 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales llenos

Tanques de agua					
Tanque de agua dulce B	0%	0	-0,02	13,093	-6,611
Tanque de agua dulce E	22%	22,82	-0,551	11,992	5,996
Tanque de agua dulce destilada	10%	2,379	3,009	11,76	6,797
Total Tanques de Agua		25,2	-0,215	11,97	6,071
Tanques varios					
Tanque de aguas aceitosas	10%	1,535	10,089	0,346	0
Tanque de lodos	10%	2,682	14,5	7,197	-6,643
Tanque derrames	10%	2,284	13,322	0,194	0
Tanque de retorno	10%	3,375	18,589	0,151	0
Tanque de reboses	10%	0,788	26,383	0,35	-2,175
Total Tanques varios		10,66	15,785	1,975	-1,831
Tanques de aceites					
Tanque almacén aceite M.P.	10%	1,577	23,358	9,155	-9,674
Tanque almacén aceite MM.AA.	10%	0,822	23,358	11,742	9,914
Tanque de aceite sucio	10%	3,102	24,73	0,128	0
Total Tanques de aceite		5,5	24,132	4,451	-1,292
Tanques de D.O.					
Tanque almacén D.O. B	0%	0	24,669	11,677	-9,81
Tanque almacén D.O. E	0%	0	24,669	11,677	9,81
Tanque servicio diario D.O.	41%	11,67	16,483	10,126	-9,371
Total Tanques de D.O.		11,67	16,483	10,126	-9,371
Tanques de F.O.					
Tk. FO. Popa Er	30%	63,6	-0,608	14,85	5,082
Tk. FO. Popa Br	0%	0	-0,606	15,9	-5,082
Tk. FO. cub. pp. E.	0%	0	26,633	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pp. CE.	0%	0	26,633	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pp. CB.	0%	0	26,633	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pp. B.	0%	0	26,633	15,9	-9,375
Tk. FO. medio Er	0%	0	31,715	9,9	7
Tk. FO. medio C	0%	0	31,715	9,9	0
Tk. FO. medio Br	0%	0	31,715	9,9	-7
Tk. FO. alto Er	0%	0	31,715	12,9	7
Tk. FO. alto C	0%	0	31,715	12,9	0
Tk. FO. alto Br	0%	0	31,715	12,9	-7
Tk. FO. cub. pr. E.	0%	0	31,715	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pr. CE	0%	0	31,715	15,9	3,125

Tk. FO. cub. pr. CB	0%	0	31,715	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pr. B	0%	0	31,715	15,9	-9,375
Tk. FO. bajo Er	0%	0	31,843	5,867	5,826
Tk. FO. bajo C	0%	0	31,715	4,95	0
Tk. FO. bajo Br	0%	0	31,843	5,867	-5,826
Tanque servicio diario F.O. B	100%	62,8	20,134	11,837	-11,159
Tanque servicio diario F.O. E	100%	35,23	20,098	13,023	11,254
Tanque sedimentación F.O. E	100%	52,4	27,943	11,4	9,6
Tanque sedimentación F.O. B	100%	52,4	27,943	11,4	-9,6
Total tanques de F.O.		266,4	18,248	12,541	0,069
Tanques de lastre					
Pique de popa					
pique de popa	100%	146,9	3,26	9,295	0
Anillo tanques de F.O.					
lastre tk. FO: bajo Er	100%	83,7	31,52	4,812	8,697
lastre tk. FO: bajo Br	100%	83,7	31,52	4,812	-8,697
lastre tk. FO: medio Er	100%	25,39	32,079	9,94	11,682
lastre tk. FO: medio Br	100%	25,39	32,079	9,94	-11,682
lastre tk. FO: alto Er	100%	27,67	32,032	12,908	11,741
lastre tk. FO: alto Br	100%	27,67	32,032	12,908	-11,741
1º Anillo de carga					
dfb1e	100%	247,3	44,402	0,825	4,155
dfb1b	100%	247,3	44,402	0,825	-4,155
lastreb1e	100%	224,3	43,449	4,704	10,705
lastreb1b	100%	224,3	43,449	4,704	-10,705
lastre e2b1e	100%	82,8	44,498	9,906	11,739
lastre e2b1b	100%	82,8	44,498	9,906	-11,739
lastre e1b1e	100%	83,9	44,435	12,901	11,749
lastre e1b1b	100%	83,9	44,435	12,901	-11,749
2º Anillo de carga					
dfb2e	100%	462,1	67,678	0,788	5,566
dfb2b	100%	462,1	67,678	0,788	-5,566
lastreb2e	100%	280,2	67,619	5,012	11,706
lastreb2b	100%	280,2	67,619	5,012	-11,706
lastre e2b2e	100%	125,8	67,634	9,901	11,748
lastre e2b2b	100%	125,8	67,634	9,901	-11,748
lastre e1b2e	0%	0	67,665	12,9	11,75
lastre e1b2b	0%	0	67,665	12,9	-11,75
3º Anillo de carga					
dfb3e	0%	0	93,713	0,814	4,077
dfb3b	0%	0	93,713	0,814	-4,077
lastreb3e	0%	0	96,343	4,691	9,649
lastreb3b	0%	0	96,343	4,691	-9,649
lastre e2b3e	0%	0	95,689	9,895	11,192
lastre e2b3b	0%	0	95,689	9,895	-11,192
lastre e1b3e	0%	0	94,994	12,922	11,573

lastre e1b3b	0%	0	94,994	12,922	-11,573
4º Anillo de carga					
dfb4e	0%	0	118,876	0,859	1,852
dfb4b	0%	0	118,876	0,859	-1,852
lastreb4e	0%	0	119,669	4,798	5,823
lastreb4b	0%	0	119,669	4,798	-5,823
lastre e2b4e	0%	0	119,532	9,881	8,264
lastre e2b4b	0%	0	119,532	9,881	-8,264
lastre e1b4e	0%	0	120,151	12,94	9,179
lastre e1b4b	0%	0	120,151	12,94	-9,179
5º Anillo de carga					
dfb5e	0%	0	134,992	2,053	1,267
dfb5b	0%	0	134,992	2,053	-1,267
lastreb5e	0%	0	135,127	5,705	3,141
lastreb5b	0%	0	135,127	5,705	-3,141
lastre e2b5e	0%	0	137,332	9,96	4,013
lastre e2b5b	0%	0	137,332	9,96	-4,013
lastre e1b5e	0%	0	137,218	12,929	5,359
lastre e1b5b	0%	0	137,218	12,929	-5,359
Empujador					
df empujador	0%	0	143,962	0,892	0
Pique de proa					
pique de proa	0%	0	152,57	7,151	0
Total Tanques de lastre		1.258	37,541	3,729	0
Tanques de aceite vegetal					
b5e	100%	96,2	134,862	6,233	1,404
b5b	100%	96,2	134,862	6,233	-1,404
Total Tanques de aceite vegetal		3.626	57,6	4,673	0
Espacios de carga seca					
1º Anillo de carga					
b1e	1	940	44,8	5,1	5,1
b1b	1	940	44,8	5,1	-5,1
e2b1e	1	452,8	44,4	9,9	5,5
e2b1b	1	452,8	44,4	9,9	-5,5
e1b1e	1	452,8	44,2	13,1	5,5
e1b1b	1	452,8	44,2	13,1	-5,5
Escotilla 1e	1	0	42,88	18,541	5,4
Escotilla 1b	1	0	42,88	18,541	-5,4
2º Anillo de carga					
b2e	1	1.337	67,7	5	5,5
b2b	1	1.337	67,7	5	-5,5
e2b2e	1	582	67,7	9,9	5,5
e2b2b	1	582	67,7	9,9	-5,5
e1b2e	1	582	67,7	13,4	5,5

e1b2b	1	582	67,7	13,4	-5,5
Escotilla 2e	1	0	67,68	18,541	5,4
Escotilla 2b	1	0	67,68	18,541	-5,4
3º Anillo de carga					
b3e	1	1.088	94,5	5,2	4,6
b3b	1	1.088	94,5	5,2	-4,6
e2b3e	1	560	95,2	9,9	5,3
e2b3b	1	560	95,2	9,9	-5,3
e1b3e	1	577	95,5	13,4	5,5
e1b3b	1	577	95,5	13,4	-5,5
Escotilla 3e	1	0	95,58	18,541	5,4
Escotilla 3b	1	0	95,58	18,541	-5,4
4º Anillo de carga					
b4e	1	468,9	119	5,4	2,7
b4b	1	468,9	119	5,4	-2,7
e2b4e	1	310,2	119,4	9,9	3,9
e2b4b	1	310,2	119,4	9,9	-3,9
e1b4e	1	351	119,7	13,4	4,3
e1b4b	1	351	119,7	13,4	-4,3
Escotilla 4e	1	0	120,38	18,541	4,4
Escotilla 4b	1	0	120,38	18,541	-4,4
5º Anillo de carga					
e2b5e	1	81,9	136,5	10	1,9
e2b5b	1	81,9	136,5	10	-1,9
e1b5e	1	110,8	136,8	13	2,5
e1b5b	1	110,8	136,8	13	-2,5
Escotilla 5e	1	0	137,41	20,695	2,9
Escotilla 5b	1	0	137,41	20,695	-2,9
Superestructura					
SpE	1	176,1	148,1	16,2	1
SeB	1	176,1	148,1	16,2	-1
Total Espacios de carga seca		16.140	80,547	8,65	0
Peso del acero del casco					
Acero Casco	1	4.250	69,563	9,093	0
Cámara de máquinas					
Maquinaria propulsora (7S65ME-C	1	470	25,09	6,91	0
Equipo de bombas MP	1	15	25,09	4	0
Línea de ejes	1	42	9,51	3,8	0
Hélice	1	19	4,06	3,8	0
Tubería y valvulería	1	190	20,32	9,5	0
Caldera	1	20	11	13	0
Motores auxiliares y alternador	1	120	11,33	9,7	0
Grupo de emergencia	1	40	0	0	0
Compresores Generadores	1	5	10,43	9,21	0
Bombas de carga y lastre	1	25	23,5	9,2	0

Pisos, tecles, escaleras, etc.	1	100	19,23	7,2	0
Tubería de exhaustación	1	40	13,37	12,8	0
Purificadoras y calentadoras	1	6	29,32	10,23	0
Electricidad	1	35	19,23	7,2	0
Ventilación mecánica de la CM	1	18	19,23	7,2	0
Bombas casco, taller, etc.	1	25	18,45	12,63	0
Total Weight=		25.604	LCG=72,082 m	VCG=8,199 m	TGC=0 m

Draft Amidsh. m	10,1145
Displacement tonne	25.604
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	10,08
Draft at AP m	10,149
Draft at LCF m	10,119
Trim (+ve by stern) m	0,069
WL Length m	158,225
WL Beam m	25,007
Wetted Area m^2	5.288,636
Waterpl. Area m^2	3.116,187
Prismatic Coeff.	0,647
Block Coeff.	0,635
Midship Area Coeff.	0,984
Waterpl. Area Coeff.	0,804
LCB from zero pt. m	72,082
LCF from zero pt. m	67,852
KB m	5,559
KG solid m	8,199
BMt m	5,46
BML m	180,65
GMt m	2,782
GML m	177,972
KMt m	11,02
KML m	186,21
Immersion (TPc) tonne/cm	31,941
MTc tonne.m	294,023
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1.243,132
Max deck inclination deg	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0

13. Carga homogénea 1,80 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales llenos

Tanques de agua					
Tanque de agua dulce B	100%	127,4	-0,02	13,093	-6,611
Tanque de agua dulce E	100%	103,7	-0,719	13,103	6,467
Tanque de agua dulce destilada	100%	23,79	3,007	13,051	7,229
Total Tanques de Agua		254,9	-0,022	13,094	0,003
Tanques varios					
Tanque de aguas aceitosas	0%	0	9,212	1,133	0
Tanque de lodos	0%	0	13,154	8,19	-7,324
Tanque derrames	0%	0	13,313	1,007	0
Tanque de retorno	0%	0	18,462	0,94	0
Tanque de reboses	0%	0	26,356	1,125	-2,749
Total Tanques varios		0	15,724	1,975	-1,862
Tanques de aceites					
Tanque almacén aceite M.P.	100%	15,77	23,358	11,688	-9,88
Tanque almacén aceite MM.AA.	100%	8,22	23,358	13,007	9,956
Tanque de aceite sucio	0%	0	24,674	0,923	0
Total Tanques de aceite		23,99	23,358	12,14	-3,084
Tanques de D.O.					
Tanque almacén D.O. B	100%	43,96	24,669	11,677	-9,81
Tanque almacén D.O. E	100%	43,96	24,669	11,677	9,81
Tanque servicio diario D.O.	100%	28,74	16,482	11,757	-9,577
Total Tanques de D.O.		116,7	22,652	11,696	-2,36
Tanques de F.O.					
Tk. FO. Popa Er	100%	212	-0,606	15,9	5,082
Tk. FO. Popa Br	100%	212	-0,606	15,9	-5,082
Tk. FO. cub. pp. E.	100%	79,6	26,633	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pp. CE.	100%	79,6	26,633	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pp. CB.	100%	79,6	26,633	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pp. B.	100%	79,6	26,633	15,9	-9,375
Tk. FO. medio Er	100%	123,9	31,715	9,9	7
Tk. FO. medio C	100%	92,9	31,715	9,9	0
Tk. FO. medio Br	100%	123,9	31,715	9,9	-7
Tk. FO. alto Er	100%	123,9	31,715	12,9	7
Tk. FO. alto C	100%	92,9	31,715	12,9	0
Tk. FO. alto Br	100%	123,9	31,715	12,9	-7
Tk. FO. cub. pr. E.	100%	96,8	31,715	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pr. CE	100%	96,8	31,715	15,9	3,125

Tk. FO. cub. pr. CB	100%	96,8	31,715	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pr. B	100%	96,8	31,715	15,9	-9,375
Tk. FO. bajo Er	100%	165,1	31,843	5,867	5,826
Tk. FO. bajo C	100%	213,7	31,715	4,95	0
Tk. FO. bajo Br	100%	165,1	31,843	5,867	-5,826
Tanque servicio diario F.O. B	100%	62,8	20,134	11,837	-11,159
Tanque servicio diario F.O. E	100%	35,23	20,098	13,023	11,254
Tanque sedimentación F.O. E	100%	52,4	27,943	11,4	9,6
Tanque sedimentación F.O. B	100%	52,4	27,943	11,4	-9,6
Total tanques de F.O.		2558	25,143	12,167	-0,119
Tanques de lastre					
Pique de popa					
pique de popa	0%	0	3,26	9,295	0
Anillo tanques de F.O.					
lastre tk. FO: bajo Er	0%	0	31,52	4,812	8,697
lastre tk. FO: bajo Br	0%	0	31,52	4,812	-8,697
lastre tk. FO: medio Er	0%	0	32,079	9,94	11,682
lastre tk. FO: medio Br	0%	0	32,079	9,94	-11,682
lastre tk. FO: alto Er	0%	0	32,032	12,908	11,741
lastre tk. FO: alto Br	0%	0	32,032	12,908	-11,741
1º Anillo de carga					
dfb1e	0%	0	44,402	0,825	4,155
dfb1b	0%	0	44,402	0,825	-4,155
lastreb1e	0%	0	43,449	4,704	10,705
lastreb1b	0%	0	43,449	4,704	-10,705
lastre e2b1e	0%	0	44,498	9,906	11,739
lastre e2b1b	0%	0	44,498	9,906	-11,739
lastre e1b1e	0%	0	44,435	12,901	11,749
lastre e1b1b	0%	0	44,435	12,901	-11,749
2º Anillo de carga					
dfb2e	0%	0	67,678	0,788	5,566
dfb2b	0%	0	67,678	0,788	-5,566
lastreb2e	0%	0	67,619	5,012	11,706
lastreb2b	0%	0	67,619	5,012	-11,706
lastre e2b2e	0%	0	67,634	9,901	11,748
lastre e2b2b	0%	0	67,634	9,901	-11,748
lastre e1b2e	0%	0	67,665	12,9	11,75
lastre e1b2b	0%	0	67,665	12,9	-11,75
3º Anillo de carga					
dfb3e	100%	316,4	93,713	0,814	4,077
dfb3b	100%	316,4	93,713	0,814	-4,077
lastreb3e	0%	0	96,343	4,691	9,649
lastreb3b	0%	0	96,343	4,691	-9,649
lastre e2b3e	0%	0	95,689	9,895	11,192
lastre e2b3b	0%	0	95,689	9,895	-11,192
lastre e1b3e	0%	0	94,994	12,922	11,573

lastre e1b3b	0%	0	94,994	12,922	-11,573
4º Anillo de carga					
dfb4e	100%	106,8	118,876	0,859	1,852
dfb4b	100%	106,8	118,876	0,859	-1,852
lastreb4e	100%	242,7	119,669	4,798	5,823
lastreb4b	100%	242,7	119,669	4,798	-5,823
lastre e2b4e	0%	0	119,532	9,881	8,264
lastre e2b4b	0%	0	119,532	9,881	-8,264
lastre e1b4e	0%	0	120,151	12,94	9,179
lastre e1b4b	0%	0	120,151	12,94	-9,179
5º Anillo de carga					
dfb5e	100%	64,5	134,992	2,053	1,267
dfb5b	100%	64,5	134,992	2,053	-1,267
lastreb5e	100%	44,82	135,127	5,705	3,141
lastreb5b	100%	44,82	135,127	5,705	-3,141
lastre e2b5e	0%	0	137,332	9,96	4,013
lastre e2b5b	0%	0	137,332	9,96	-4,013
lastre e1b5e	0%	0	137,218	12,929	5,359
lastre e1b5b	0%	0	137,218	12,929	-5,359
Empujador					
df empujador	100%	31,77	143,962	0,892	0
Pique de proa					
pique de proa	0%	0	152,57	7,151	0
Total Tanques de lastre		1.441	130,260	5,367	0
Tanques de aceite vegetal					
b5e	100%	96,2	134,862	6,233	1,404
b5b	100%	96,2	134,862	6,233	-1,404
Total Tanques de aceite vegetal		177,5	114,294	2,835	0
Espacios de carga seca					
1º Anillo de carga					
b1e	1	809	44,8	5,1	5,1
b1b	1	809	44,8	5,1	-5,1
e2b1e	1	389,9	44,4	9,9	5,5
e2b1b	1	389,9	44,4	9,9	-5,5
e1b1e	1	389,9	44,2	13,1	5,5
e1b1b	1	389,9	44,2	13,1	-5,5
Escotilla 1e	1	0	42,88	18,541	5,4
Escotilla 1b	1	0	42,88	18,541	-5,4
2º Anillo de carga					
b2e	1	1151	67,7	5	5,5
b2b	1	1151	67,7	5	-5,5
e2b2e	1	501	67,7	9,9	5,5
e2b2b	1	501	67,7	9,9	-5,5
e1b2e	1	501	67,7	13,4	5,5

e1b2b	1	501	67,7	13,4	-5,5
Escotilla 2e	1	0	67,68	18,541	5,4
Escotilla 2b	1	0	67,68	18,541	-5,4
3º Anillo de carga					
b3e	1	937	94,5	5,2	4,6
b3b	1	937	94,5	5,2	-4,6
e2b3e	1	482,5	95,2	9,9	5,3
e2b3b	1	482,5	95,2	9,9	-5,3
e1b3e	1	496,8	95,5	13,4	5,5
e1b3b	1	496,8	95,5	13,4	-5,5
Escotilla 3e	1	0	95,58	18,541	5,4
Escotilla 3b	1	0	95,58	18,541	-5,4
4º Anillo de carga					
b4e	1	403,8	119	5,4	2,7
b4b	1	403,8	119	5,4	-2,7
e2b4e	1	267,1	119,4	9,9	3,9
e2b4b	1	267,1	119,4	9,9	-3,9
e1b4e	1	302,3	119,7	13,4	4,3
e1b4b	1	302,3	119,7	13,4	-4,3
Escotilla 4e	1	0	120,38	18,541	4,4
Escotilla 4b	1	0	120,38	18,541	-4,4
5º Anillo de carga					
e2b5e	1	70,5	136,5	10	1,9
e2b5b	1	70,5	136,5	10	-1,9
e1b5e	1	95,4	136,8	13	2,5
e1b5b	1	95,4	136,8	13	-2,5
Escotilla 5e	1	0	137,41	20,695	2,9
Escotilla 5b	1	0	137,41	20,695	-2,9
Superestructura					
SpE	1	151,7	148,1	16,2	1
SeB	1	151,7	148,1	16,2	-1
Total Espacios de carga seca		13898	80,548	8,65	0
Peso del acero del casco					
Acero Casco	1	4250	69,563	9,093	0
Cámara de máquinas					
Maquinaria propulsora (7S65ME-C	1	470	25,09	6,91	0
Equipo de bombas MP	1	15	25,09	4	0
Línea de ejes	1	42	9,51	3,8	0
Hélice	1	19	4,06	3,8	0
Tubería y valvulería	1	190	20,32	9,5	0
Caldera	1	20	11	13	0
Motores auxiliares y alternador	1	120	11,33	9,7	0
Grupo de emergencia	1	40	0	0	0
Compresores Generadores	1	5	10,43	9,21	0
Bombas de carga y lastre	1	25	23,5	9,2	0

Pisos, tecles, escaleras, etc.	1	100	19,23	7,2	0
Tubería de exhaustación	1	40	13,37	12,8	0
Purificadoras y calentadoras	1	6	29,32	10,23	0
Electricidad	1	35	19,23	7,2	0
Ventilación mecánica de la CM	1	18	19,23	7,2	0
Bombas casco, taller, etc.	1	25	18,45	12,63	0
Total Weight=		24.146	LCG=71,285 m	VCG=8,736 m	TGC=0 m

Draft Amidsh. m	9,598
Displacement tonne	24.144
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	9,117
Draft at AP m	10,079
Draft at LCF m	9,66
Trim (+ve by stern) m	0,962
WL Length m	158,755
WL Beam m	25,01
Wetted Area m^2	5.118,039
Waterpl. Area m^2	3.078,807
Prismatic Coeff.	0,638
Block Coeff.	0,607
Midship Area Coeff.	0,976
Waterpl. Area Coeff.	0,794
LCB from zero pt. m	71,263
LCF from zero pt. m	67,505
KB m	5,301
KG solid m	8,736
BMt m	5,692
BML m	185,73
GMt m	2,258
GML m	182,296
KMt m	10,994
KML m	191,032
Immersion (TPc) tonne/cm	31,558
MTc tonne.m	284,009
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	951,323
Max deck inclination deg	0,4
Trim angle (+ve by stern) deg	0,4

14. Carga homogénea 1,80 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales llenos

Tanques de agua					
Tanque de agua dulce B	0%	0	-0,02	13,093	-6,611
Tanque de agua dulce E	22%	22,82	-0,561	11,992	5,974
Tanque de agua dulce destilada	10%	2,378	3,008	11,76	6,733
Total Tanques de Agua		25,2	-0,224	11,97	6,046
Tanques varios					
Tanque de aguas aceitosas	10%	1,535	10,088	0,346	-0,008
Tanque de lodos	10%	2,68	14,504	7,197	-6,65
Tanque derrames	10%	2,285	13,32	0,194	-0,016
Tanque de retorno	10%	3,375	18,581	0,151	-0,027
Tanque de reboses	10%	0,788	26,383	0,35	-2,179
Total Tanques varios		10,66	15,783	1,974	-1,846
Tanques de aceites					
Tanque almacén aceite M.P.	10%	1,579	23,358	9,155	-9,69
Tanque almacén aceite MM.AA.	10%	0,823	23,358	11,743	9,875
Tanque de aceite sucio	10%	3,101	24,723	0,128	-0,029
Total Tanques de aceite		5,5	24,128	4,454	-1,32
Tanques de D.O.					
Tanque almacén D.O. B	0%	0	24,669	11,677	-9,81
Tanque almacén D.O. E	0%	0	24,669	11,677	9,81
Tanque servicio diario D.O.	41%	11,67	16,483	10,127	-9,376
Total Tanques de D.O.		11,67	16,483	10,127	-9,376
Tanques de F.O.					
Tk. FO. Popa Er	0%	0	-0,606	15,9	5,082
Tk. FO. Popa Br	0%	0	-0,606	15,9	-5,082
Tk. FO. cub. pp. E.	0%	0	26,633	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pp. CE.	0%	0	26,633	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pp. CB.	0%	0	26,633	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pp. B.	0%	0	26,633	15,9	-9,375
Tk. FO. medio Er	0%	0	31,715	9,9	7
Tk. FO. medio C	0%	0	31,715	9,9	0
Tk. FO. medio Br	0%	0	31,715	9,9	-7
Tk. FO. alto Er	0%	0	31,715	12,9	7
Tk. FO. alto C	0%	0	31,715	12,9	0
Tk. FO. alto Br	0%	0	31,715	12,9	-7
Tk. FO. cub. pr. E.	0%	0	31,715	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pr. CE	0%	0	31,715	15,9	3,125

Tk. FO. cub. pr. CB	0%	0	31,715	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pr. B	0%	0	31,715	15,9	-9,375
Tk. FO. bajo Er	0%	0	31,843	5,867	5,826
Tk. FO. bajo C	25%	53,4	31,714	2,362	-0,01
Tk. FO. bajo Br	0%	0	31,843	5,867	-5,826
Tanque servicio diario F.O. B	100%	62,8	20,134	11,837	-11,159
Tanque servicio diario F.O. E	100%	35,23	20,098	13,023	11,254
Tanque sedimentación F.O. E	100%	52,4	27,943	11,4	9,6
Tanque sedimentación F.O. B	100%	52,4	27,943	11,4	-9,6
Total tanques de F.O.		256,2	25,735	9,846	-1,191
Tanques de lastre					
Pique de popa					
pique de popa	0%	0	3,26	9,295	0
Anillo tanques de F.O.					
lastre tk. FO: bajo Er	100%	83,7	31,52	4,812	8,697
lastre tk. FO: bajo Br	100%	83,7	31,52	4,812	-8,697
lastre tk. FO: medio Er	0%	0	32,079	9,94	11,682
lastre tk. FO: medio Br	0%	0	32,079	9,94	-11,682
lastre tk. FO: alto Er	0%	0	32,032	12,908	11,741
lastre tk. FO: alto Br	0%	0	32,032	12,908	-11,741
1º Anillo de carga					
dfb1e	100%	247,3	44,402	0,825	4,155
dfb1b	100%	247,3	44,402	0,825	-4,155
lastreb1e	100%	224,3	43,449	4,704	10,705
lastreb1b	100%	224,3	43,449	4,704	-10,705
lastre e2b1e	0%	0	44,498	9,906	11,739
lastre e2b1b	0%	0	44,498	9,906	-11,739
lastre e1b1e	0%	0	44,435	12,901	11,749
lastre e1b1b	0%	0	44,435	12,901	-11,749
2º Anillo de carga					
dfb2e	0%	0	67,678	0,788	5,566
dfb2b	0%	0	67,678	0,788	-5,566
lastreb2e	0%	0	67,619	5,012	11,706
lastreb2b	0%	0	67,619	5,012	-11,706
lastre e2b2e	0%	0	67,634	9,901	11,748
lastre e2b2b	0%	0	67,634	9,901	-11,748
lastre e1b2e	0%	0	67,665	12,9	11,75
lastre e1b2b	0%	0	67,665	12,9	-11,75
3º Anillo de carga					
dfb3e	0%	0	93,713	0,814	4,077
dfb3b	0%	0	93,713	0,814	-4,077
lastreb3e	0%	0	96,343	4,691	9,649
lastreb3b	0%	0	96,343	4,691	-9,649
lastre e2b3e	0%	0	95,689	9,895	11,192
lastre e2b3b	0%	0	95,689	9,895	-11,192
lastre e1b3e	0%	0	94,994	12,922	11,573

lastre e1b3b	0%	0	94,994	12,922	-11,573
4º Anillo de carga					
dfb4e	0%	0	118,876	0,859	1,852
dfb4b	0%	0	118,876	0,859	-1,852
lastreb4e	0%	0	119,669	4,798	5,823
lastreb4b	0%	0	119,669	4,798	-5,823
lastre e2b4e	0%	0	119,532	9,881	8,264
lastre e2b4b	0%	0	119,532	9,881	-8,264
lastre e1b4e	0%	0	120,151	12,94	9,179
lastre e1b4b	0%	0	120,151	12,94	-9,179
5º Anillo de carga					
dfb5e	0%	0	134,992	2,053	1,267
dfb5b	0%	0	134,992	2,053	-1,267
lastreb5e	0%	0	135,127	5,705	3,141
lastreb5b	0%	0	135,127	5,705	-3,141
lastre e2b5e	0%	0	137,332	9,96	4,013
lastre e2b5b	0%	0	137,332	9,96	-4,013
lastre e1b5e	0%	0	137,218	12,929	5,359
lastre e1b5b	0%	0	137,218	12,929	-5,359
Empujador					
df empujador	0%	0	143,962	0,892	0
Pique de proa					
pique de proa	0%	0	152,57	7,151	0
Total Tanques de lastre		1.110	42,075	2,993	0
Tanques de aceite vegetal					
b5e	100%	96,2	134,862	6,233	1,404
b5b	100%	96,2	134,862	6,233	-1,404
Total Tanques de aceite vegetal		1.303	55,772	3,471	0
Espacios de carga seca					
1º Anillo de carga					
b1e	1	809	44,8	5,1	5,1
b1b	1	809	44,8	5,1	-5,1
e2b1e	1	389,9	44,4	9,9	5,5
e2b1b	1	389,9	44,4	9,9	-5,5
e1b1e	1	389,9	44,2	13,1	5,5
e1b1b	1	389,9	44,2	13,1	-5,5
Escotilla 1e	1	0	42,88	18,541	5,4
Escotilla 1b	1	0	42,88	18,541	-5,4
2º Anillo de carga					
b2e	1	1151	67,7	5	5,5
b2b	1	1151	67,7	5	-5,5
e2b2e	1	501	67,7	9,9	5,5
e2b2b	1	501	67,7	9,9	-5,5
e1b2e	1	501	67,7	13,4	5,5

e1b2b	1	501	67,7	13,4	-5,5
Escotilla 2e	1	0	67,68	18,541	5,4
Escotilla 2b	1	0	67,68	18,541	-5,4
3º Anillo de carga					
b3e	1	937	94,5	5,2	4,6
b3b	1	937	94,5	5,2	-4,6
e2b3e	1	482,5	95,2	9,9	5,3
e2b3b	1	482,5	95,2	9,9	-5,3
e1b3e	1	496,8	95,5	13,4	5,5
e1b3b	1	496,8	95,5	13,4	-5,5
Escotilla 3e	1	0	95,58	18,541	5,4
Escotilla 3b	1	0	95,58	18,541	-5,4
4º Anillo de carga					
b4e	1	403,8	119	5,4	2,7
b4b	1	403,8	119	5,4	-2,7
e2b4e	1	267,1	119,4	9,9	3,9
e2b4b	1	267,1	119,4	9,9	-3,9
e1b4e	1	302,3	119,7	13,4	4,3
e1b4b	1	302,3	119,7	13,4	-4,3
Escotilla 4e	1	0	120,38	18,541	4,4
Escotilla 4b	1	0	120,38	18,541	-4,4
5º Anillo de carga					
e2b5e	1	70,5	136,5	10	1,9
e2b5b	1	70,5	136,5	10	-1,9
e1b5e	1	95,4	136,8	13	2,5
e1b5b	1	95,4	136,8	13	-2,5
Escotilla 5e	1	0	137,41	20,695	2,9
Escotilla 5b	1	0	137,41	20,695	-2,9
Superestructura					
SpE	1	1.51,7	148,1	16,2	1
SeB	1	1.51,7	148,1	16,2	-1
Total Espacios de carga seca		13.898	80,548	8,65	0
Peso del acero del casco					
Acero Casco	1	4.250	69,563	9,093	0
Cámara de máquinas					
Maquinaria propulsora (7S65ME-C	1	470	25,09	6,91	0
Equipo de bombas MP	1	15	25,09	4	0
Línea de ejes	1	42	9,51	3,8	0
Hélice	1	19	4,06	3,8	0
Tubería y valvulería	1	190	20,32	9,5	0
Caldera	1	20	11	13	0
Motores auxiliares y alternador	1	120	11,33	9,7	0
Grupo de emergencia	1	40	0	0	0
Compresores Generadores	1	5	10,43	9,21	0
Bombas de carga y lastre	1	25	23,5	9,2	0

Pisos, tecles, escaleras, etc.	1	100	19,23	7,2	0
Tubería de exhaustación	1	40	13,37	12,8	0
Purificadoras y calentadoras	1	6	29,32	10,23	0
Electricidad	1	35	19,23	7,2	0
Ventilación mecánica de la CM	1	18	19,23	7,2	0
Bombas casco, taller, etc.	1	25	18,45	12,63	0
Total Weight=		21.030	LCG=72,784 m	VCG=8,431 m	TGC=0 m

Draft Amidsh. m	8,638
Displacement tonne	21.030
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	8,574
Draft at AP m	8,702
Draft at LCF m	8,645
Trim (+ve by stern) m	0,128
WL Length m	153,784
WL Beam m	25,011
Wetted Area m^2	4.739,701
Waterpl. Area m^2	2.937,644
Prismatic Coeff.	0,624
Block Coeff.	0,609
Midship Area Coeff.	0,979
Waterpl. Area Coeff.	0,758
LCB from zero pt. m	72,781
LCF from zero pt. m	69,366
KB m	4,727
KG solid m	8,431
BMt m	6,121
BML m	188,42
GMt m	2,395
GML m	184,694
KMt m	10,848
KML m	193,147
Immersion (TPc) tonne/cm	30,111
MTc tonne.m	250,626
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	879,067
Max deck inclination deg	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0

15. Carga homogénea, 100% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos

Tanques de agua					
Tanque de agua dulce B	100%	127,4	-0,02	13,093	-6,611
Tanque de agua dulce E	100%	103,7	-0,719	13,103	6,467
Tanque de agua dulce destilada	100%	23,79	3,007	13,051	7,229
Total Tanques de Agua		254,9	-0,022	13,094	0,003
Tanques varios					
Tanque de aguas aceitosas	0%	0	9,212	1,133	0
Tanque de lodos	0%	0	13,154	8,19	-7,324
Tanque derrames	0%	0	13,313	1,007	0
Tanque de retorno	0%	0	18,462	0,94	0
Tanque de reboses	0%	0	26,356	1,125	-2,749
Total Tanques varios		0	15,724	1,975	-1,862
Tanques de aceites					
Tanque almacén aceite M.P.	100%	15,77	23,358	11,688	-9,88
Tanque almacén aceite MM.AA.	100%	8,22	23,358	13,007	9,956
Tanque de aceite sucio	0%	0	24,674	0,923	0
Total Tanques de aceite		23,99	23,358	12,14	-3,084
Tanques de D.O.					
Tanque almacén D.O. B	100%	43,96	24,669	11,677	-9,81
Tanque almacén D.O. E	100%	43,96	24,669	11,677	9,81
Tanque servicio diario D.O.	100%	28,74	16,482	11,757	-9,577
Total Tanques de D.O.		116,7	22,652	11,696	-2,36
Tanques de F.O.					
Tk. FO. Popa Er	100%	212	-0,606	15,9	5,082
Tk. FO. Popa Br	100%	212	-0,606	15,9	-5,082
Tk. FO. cub. pp. E.	100%	79,6	26,633	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pp. CE.	100%	79,6	26,633	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pp. CB.	100%	79,6	26,633	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pp. B.	100%	79,6	26,633	15,9	-9,375
Tk. FO. medio Er	100%	123,9	31,715	9,9	7
Tk. FO. medio C	100%	92,9	31,715	9,9	0
Tk. FO. medio Br	100%	123,9	31,715	9,9	-7
Tk. FO. alto Er	100%	123,9	31,715	12,9	7
Tk. FO. alto C	100%	92,9	31,715	12,9	0
Tk. FO. alto Br	100%	123,9	31,715	12,9	-7
Tk. FO. cub. pr. E.	100%	96,8	31,715	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pr. CE	100%	96,8	31,715	15,9	3,125

Tk. FO. cub. pr. CB	100%	96,8	31,715	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pr. B	100%	96,8	31,715	15,9	-9,375
Tk. FO. bajo Er	100%	165,1	31,843	5,867	5,826
Tk. FO. bajo C	100%	213,7	31,715	4,95	0
Tk. FO. bajo Br	100%	165,1	31,843	5,867	-5,826
Tanque servicio diario F.O. B	100%	62,8	20,134	11,837	-11,159
Tanque servicio diario F.O. E	100%	35,23	20,098	13,023	11,254
Tanque sedimentación F.O. E	100%	52,4	27,943	11,4	9,6
Tanque sedimentación F.O. B	100%	52,4	27,943	11,4	-9,6
Total tanques de F.O.		2.558	25,143	12,167	-0,119
Tanques de lastre					
Pique de popa					
pique de popa	0%	0	3,26	9,295	0
Anillo tanques de F.O.					
lastre tk. FO: bajo Er	100%	83,7	31,52	4,812	8,697
lastre tk. FO: bajo Br	0%	0	31,52	4,812	-8,697
lastre tk. FO: medio Er	0%	0	32,079	9,94	11,682
lastre tk. FO: medio Br	0%	0	32,079	9,94	-11,682
lastre tk. FO: alto Er	0%	0	32,032	12,908	11,741
lastre tk. FO: alto Br	0%	0	32,032	12,908	-11,741
1º Anillo de carga					
dfb1e	0%	0	44,402	0,825	4,155
dfb1b	0%	0	44,402	0,825	-4,155
lastreb1e	0%	0	43,449	4,704	10,705
lastreb1b	0%	0	43,449	4,704	-10,705
lastre e2b1e	0%	0	44,498	9,906	11,739
lastre e2b1b	0%	0	44,498	9,906	-11,739
lastre e1b1e	0%	0	44,435	12,901	11,749
lastre e1b1b	0%	0	44,435	12,901	-11,749
2º Anillo de carga					
dfb2e	0%	0	67,678	0,788	5,566
dfb2b	0%	0	67,678	0,788	-5,566
lastreb2e	0%	0	67,619	5,012	11,706
lastreb2b	0%	0	67,619	5,012	-11,706
lastre e2b2e	0%	0	67,634	9,901	11,748
lastre e2b2b	0%	0	67,634	9,901	-11,748
lastre e1b2e	0%	0	67,665	12,9	11,75
lastre e1b2b	0%	0	67,665	12,9	-11,75
3º Anillo de carga					
dfb3e	0%	0	93,713	0,814	4,077
dfb3b	0%	0	93,713	0,814	-4,077
lastreb3e	0%	0	96,343	4,691	9,649
lastreb3b	0%	0	96,343	4,691	-9,649
lastre e2b3e	0%	0	95,689	9,895	11,192
lastre e2b3b	0%	0	95,689	9,895	-11,192
lastre e1b3e	0%	0	94,994	12,922	11,573

lastre e1b3b	0%	0	94,994	12,922	-11,573
4º Anillo de carga					
dfb4e	0%	0	118,876	0,859	1,852
dfb4b	0%	0	118,876	0,859	-1,852
lastreb4e	0%	0	119,669	4,798	5,823
lastreb4b	0%	0	119,669	4,798	-5,823
lastre e2b4e	0%	0	119,532	9,881	8,264
lastre e2b4b	0%	0	119,532	9,881	-8,264
lastre e1b4e	0%	0	120,151	12,94	9,179
lastre e1b4b	0%	0	120,151	12,94	-9,179
5º Anillo de carga					
dfb5e	100%	64,5	134,992	2,053	1,267
dfb5b	100%	64,5	134,992	2,053	-1,267
lastreb5e	100%	44,82	135,127	5,705	3,141
lastreb5b	100%	44,82	135,127	5,705	-3,141
lastre e2b5e	100%	35,65	137,332	9,96	4,013
lastre e2b5b	100%	35,65	137,332	9,96	-4,013
lastre e1b5e	0%	0	137,218	12,929	5,359
lastre e1b5b	0%	0	137,218	12,929	-5,359
Empujador					
df empujador	100%	31,77	143,962	0,892	0
Pique de proa					
pique de proa	100%	259,7	152,57	7,151	0
Total Tanques de lastre		665	129,536	5,675	1,094
Tanques de aceite vegetal					
b5e	0%	0	134,862	6,233	1,404
b5b	0%	0	134,862	6,233	-1,404
Total Tanques de aceite vegetal		0	134,862	6,233	0
Espacios de carga seca					
1º Anillo de carga					
b1e	1	1011	44,8	5,1	5,1
b1b	1	1011	44,8	5,1	-5,1
e2b1e	1	486,9	44,4	9,9	5,5
e2b1b	1	486,9	44,4	9,9	-5,5
e1b1e	1	486,9	44,2	13,1	5,5
e1b1b	1	486,9	44,2	13,1	-5,5
Escotilla 1e	0	0	42,88	18,541	5,4
Escotilla 1b	0	0	42,88	18,541	-5,4
2º Anillo de carga					
b2e	1	1437	67,7	5	5,5
b2b	1	1437	67,7	5	-5,5
e2b2e	1	626	67,7	9,9	5,5
e2b2b	1	626	67,7	9,9	-5,5
e1b2e	1	626	67,7	13,4	5,5

e1b2b	1	626	67,7	13,4	-5,5
Escotilla 2e	0	0	67,68	18,541	5,4
Escotilla 2b	0	0	67,68	18,541	-5,4
3º Anillo de carga					
b3e	1	1170	94,5	5,2	4,6
b3b	1	1170	94,5	5,2	-4,6
e2b3e	1	603	95,2	9,9	5,3
e2b3b	1	603	95,2	9,9	-5,3
e1b3e	1	620	95,5	13,4	5,5
e1b3b	1	620	95,5	13,4	-5,5
Escotilla 3e	0	0	95,58	18,541	5,4
Escotilla 3b	0	0	95,58	18,541	-5,4
4º Anillo de carga					
b4e	1	504	119	5,4	2,7
b4b	1	504	119	5,4	-2,7
e2b4e	1	333,6	119,4	9,9	3,9
e2b4b	1	333,6	119,4	9,9	-3,9
e1b4e	1	377,5	119,7	13,4	4,3
e1b4b	1	377,5	119,7	13,4	-4,3
Escotilla 4e	0	0	120,38	18,541	4,4
Escotilla 4b	0	0	120,38	18,541	-4,4
5º Anillo de carga					
e2b5e	1	88,1	136,5	10	1,9
e2b5b	1	88,1	136,5	10	-1,9
e1b5e	1	119,1	136,8	13	2,5
e1b5b	1	119,1	136,8	13	-2,5
Escotilla 5e	0	0	137,41	20,695	2,9
Escotilla 5b	0	0	137,41	20,695	-2,9
Superestructura					
SpE	1	189,4	148,1	16,2	1
SeB	1	189,4	148,1	16,2	-1
Total Espacios de carga seca		17.356	80,548	8,65	0
Peso del acero del casco					
Acero Casco	1	4.250	69,563	9,093	0
Cámara de máquinas					
Maquinaria propulsora (7S65ME-C	1	470	25,09	6,91	0
Equipo de bombas MP	1	15	25,09	4	0
Línea de ejes	1	42	9,51	3,8	0
Hélice	1	19	4,06	3,8	0
Tubería y valvulería	1	190	20,32	9,5	0
Caldera	1	20	11	13	0
Motores auxiliares y alternador	1	120	11,33	9,7	0
Grupo de emergencia	1	40	0	0	0
Compresores Generadores	1	5	10,43	9,21	0
Bombas de carga y lastre	1	25	23,5	9,2	0

Pisos, tecles, escaleras, etc.	1	100	19,23	7,2	0
Tubería de exhaustación	1	40	13,37	12,8	0
Purificadoras y calentadoras	1	6	29,32	10,23	0
Electricidad	1	35	19,23	7,2	0
Ventilación mecánica de la CM	1	18	19,23	7,2	0
Bombas casco, taller, etc.	1	25	18,45	12,63	0
Total Weight=		26.689	LCG=71,683 m	VCG=8,987 m	TGC=0 m

Draft Amidsh. m	10,439
Displacement tonne	26.687
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	10,306
Draft at AP m	10,572
Draft at LCF m	10,456
Trim (+ve by stern) m	0,266
WL Length m	159,565
WL Beam m	25,006
Wetted Area m^2	5.411,48
Waterpl. Area m^2	3.153,451
Prismatic Coeff.	0,652
Block Coeff.	0,637
Midship Area Coeff.	0,984
Waterpl. Area Coeff.	0,814
LCB from zero pt. m	71,676
LCF from zero pt. m	67,519
KB m	5,752
KG solid m	8,987
BMt m	5,335
BML m	178,793
GMt m	2,1
GML m	175,557
KMt m	11,087
KML m	184,544
Immersion (TPc) tonne/cm	32,323
MTc tonne.m	302,32
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	977,915
Max deck inclination deg	0,1
Trim angle (+ve by stern) deg	0,1

16. Carga homogénea, 10% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos

Tanques de agua					
Tanque de agua dulce B	0%	0	-0,02	13,093	-6,611
Tanque de agua dulce E	22%	22,81	-0,548	11,992	5,997
Tanque de agua dulce destilada	10%	2,379	3,009	11,76	6,797
Total Tanques de Agua		25,19	-0,212	11,97	6,072
Tanques varios					
Tanque de aguas aceitosas	10%	1,534	10,092	0,346	0
Tanque de lodos	10%	2,682	14,502	7,197	-6,644
Tanque derrames	10%	2,284	13,325	0,194	0
Tanque de retorno	10%	3,376	18,601	0,151	0
Tanque de reboses	10%	0,787	26,384	0,35	-2,175
Total Tanques varios		10,66	15,79	1,975	-1,831
Tanques de aceites					
Tanque almacén aceite M.P.	10%	1,577	23,358	9,155	-9,674
Tanque almacén aceite MM.AA.	10%	0,822	23,358	11,743	9,914
Tanque de aceite sucio	10%	3,102	24,74	0,128	0
Total Tanques de aceite		5,5	24,137	4,451	-1,292
Tanques de D.O.					
Tanque almacén D.O. B	0%	0	24,669	11,677	-9,81
Tanque almacén D.O. E	0%	0	24,669	11,677	9,81
Tanque servicio diario D.O.	41%	11,67	16,483	10,126	-9,371
Total Tanques de D.O.		11,67	16,483	10,126	-9,371
Tanques de F.O.					
Tk. FO. Popa Er	30%	63,6	-0,605	14,85	5,082
Tk. FO. Popa Br	0%	0	-0,606	15,9	-5,082
Tk. FO. cub. pp. E.	0%	0	26,633	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pp. CE.	0%	0	26,633	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pp. CB.	0%	0	26,633	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pp. B.	0%	0	26,633	15,9	-9,375
Tk. FO. medio Er	0%	0	31,715	9,9	7
Tk. FO. medio C	0%	0	31,715	9,9	0
Tk. FO. medio Br	0%	0	31,715	9,9	-7
Tk. FO. alto Er	0%	0	31,715	12,9	7
Tk. FO. alto C	0%	0	31,715	12,9	0
Tk. FO. alto Br	0%	0	31,715	12,9	-7
Tk. FO. cub. pr. E.	0%	0	31,715	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pr. CE	0%	0	31,715	15,9	3,125

Tk. FO. cub. pr. CB	0%	0	31,715	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pr. B	0%	0	31,715	15,9	-9,375
Tk. FO. bajo Er	0%	0	31,843	5,867	5,826
Tk. FO. bajo C	0%	0	31,715	4,95	0
Tk. FO. bajo Br	0%	0	31,843	5,867	-5,826
Tanque servicio diario F.O. B	100%	62,8	20,134	11,837	-11,159
Tanque servicio diario F.O. E	100%	35,23	20,098	13,023	11,254
Tanque sedimentación F.O. E	100%	52,4	27,943	11,4	9,6
Tanque sedimentación F.O. B	100%	52,4	27,943	11,4	-9,6
Total tanques de F.O.		266,4	18,25	12,541	0,069
Tanques de lastre					
Pique de popa					
pique de popa	100%	146,9	3,26	9,295	0
Anillo tanques de F.O.					
lastre tk. FO: bajo Er	100%	83,7	31,52	4,812	8,697
lastre tk. FO: bajo Br	100%	83,7	31,52	4,812	-8,697
lastre tk. FO: medio Er	100%	25,39	32,079	9,94	11,682
lastre tk. FO: medio Br	100%	25,39	32,079	9,94	-11,682
lastre tk. FO: alto Er	100%	27,67	32,032	12,908	11,741
lastre tk. FO: alto Br	100%	27,67	32,032	12,908	-11,741
1º Anillo de carga					
dfb1e	100%	247,3	44,402	0,825	4,155
dfb1b	100%	247,3	44,402	0,825	-4,155
lastreb1e	100%	224,3	43,449	4,704	10,705
lastreb1b	100%	224,3	43,449	4,704	-10,705
lastre e2b1e	100%	82,8	44,498	9,906	11,739
lastre e2b1b	100%	82,8	44,498	9,906	-11,739
lastre e1b1e	100%	83,9	44,435	12,901	11,749
lastre e1b1b	100%	83,9	44,435	12,901	-11,749
2º Anillo de carga					
dfb2e	100%	462,1	67,678	0,788	5,566
dfb2b	100%	462,1	67,678	0,788	-5,566
lastreb2e	100%	280,2	67,619	5,012	11,706
lastreb2b	100%	280,2	67,619	5,012	-11,706
lastre e2b2e	0%	0	67,634	9,901	11,748
lastre e2b2b	0%	0	67,634	9,901	-11,748
lastre e1b2e	0%	0	67,665	12,9	11,75
lastre e1b2b	0%	0	67,665	12,9	-11,75
3º Anillo de carga					
dfb3e	0%	0	93,713	0,814	4,077
dfb3b	0%	0	93,713	0,814	-4,077
lastreb3e	0%	0	96,343	4,691	9,649
lastreb3b	0%	0	96,343	4,691	-9,649
lastre e2b3e	0%	0	95,689	9,895	11,192
lastre e2b3b	0%	0	95,689	9,895	-11,192
lastre e1b3e	0%	0	94,994	12,922	11,573

lastre e1b3b	0%	0	94,994	12,922	-11,573
4º Anillo de carga					
dfb4e	0%	0	118,876	0,859	1,852
dfb4b	0%	0	118,876	0,859	-1,852
lastreb4e	0%	0	119,669	4,798	5,823
lastreb4b	0%	0	119,669	4,798	-5,823
lastre e2b4e	0%	0	119,532	9,881	8,264
lastre e2b4b	0%	0	119,532	9,881	-8,264
lastre e1b4e	0%	0	120,151	12,94	9,179
lastre e1b4b	0%	0	120,151	12,94	-9,179
5º Anillo de carga					
dfb5e	0%	0	134,992	2,053	1,267
dfb5b	0%	0	134,992	2,053	-1,267
lastreb5e	0%	0	135,127	5,705	3,141
lastreb5b	0%	0	135,127	5,705	-3,141
lastre e2b5e	0%	0	137,332	9,96	4,013
lastre e2b5b	0%	0	137,332	9,96	-4,013
lastre e1b5e	0%	0	137,218	12,929	5,359
lastre e1b5b	0%	0	137,218	12,929	-5,359
Empujador					
df empujador	0%	0	143,962	0,892	0
Pique de proa					
pique de proa	0%	0	152,57	7,151	0
Total Tanques de lastre		3.182	52,136	4,165	0
Tanques de aceite vegetal					
b5e	0%	0	134,862	6,233	1,404
b5b	0%	0	134,862	6,233	-1,404
Total Tanques de aceite vegetal		0	134,862	6,233	0
Espacios de carga seca					
1º Anillo de carga					
b1e	1	1011	44,8	5,1	5,1
b1b	1	1011	44,8	5,1	-5,1
e2b1e	1	486,9	44,4	9,9	5,5
e2b1b	1	486,9	44,4	9,9	-5,5
e1b1e	1	486,9	44,2	13,1	5,5
e1b1b	1	486,9	44,2	13,1	-5,5
Escotilla 1e	0	0	42,88	18,541	5,4
Escotilla 1b	0	0	42,88	18,541	-5,4
2º Anillo de carga					
b2e	1	1437	67,7	5	5,5
b2b	1	1437	67,7	5	-5,5
e2b2e	1	626	67,7	9,9	5,5
e2b2b	1	626	67,7	9,9	-5,5
e1b2e	1	626	67,7	13,4	5,5

e1b2b	1	626	67,7	13,4	-5,5
Escotilla 2e	0	0	67,68	18,541	5,4
Escotilla 2b	0	0	67,68	18,541	-5,4
3º Anillo de carga					
b3e	1	1170	94,5	5,2	4,6
b3b	1	1170	94,5	5,2	-4,6
e2b3e	1	603	95,2	9,9	5,3
e2b3b	1	603	95,2	9,9	-5,3
e1b3e	1	620	95,5	13,4	5,5
e1b3b	1	620	95,5	13,4	-5,5
Escotilla 3e	0	0	95,58	18,541	5,4
Escotilla 3b	0	0	95,58	18,541	-5,4
4º Anillo de carga					
b4e	1	504	119	5,4	2,7
b4b	1	504	119	5,4	-2,7
e2b4e	1	333,6	119,4	9,9	3,9
e2b4b	1	333,6	119,4	9,9	-3,9
e1b4e	1	377,5	119,7	13,4	4,3
e1b4b	1	377,5	119,7	13,4	-4,3
Escotilla 4e	0	0	120,38	18,541	4,4
Escotilla 4b	0	0	120,38	18,541	-4,4
5º Anillo de carga					
e2b5e	1	88,1	136,5	10	1,9
e2b5b	1	88,1	136,5	10	-1,9
e1b5e	1	119,1	136,8	13	2,5
e1b5b	1	119,1	136,8	13	-2,5
Escotilla 5e	0	0	137,41	20,695	2,9
Escotilla 5b	0	0	137,41	20,695	-2,9
Superestructura					
SpE	1	189,4	148,1	16,2	1
SeB	1	189,4	148,1	16,2	-1
Total Espacios de carga seca		17.356	80,548	8,65	0
Peso del acero del casco					
Acero Casco	1	4.250	69,563	9,093	0
Cámara de máquinas					
Maquinaria propulsora (7S65ME-C	1	470	25,09	6,91	0
Equipo de bombas MP	1	15	25,09	4	0
Línea de ejes	1	42	9,51	3,8	0
Hélice	1	19	4,06	3,8	0
Tubería y valvulería	1	190	20,32	9,5	0
Caldera	1	20	11	13	0
Motores auxiliares y alternador	1	120	11,33	9,7	0
Grupo de emergencia	1	40	0	0	0
Compresores Generadores	1	5	10,43	9,21	0
Bombas de carga y lastre	1	25	23,5	9,2	0

Pisos, tecles, escaleras, etc.	1	100	19,23	7,2	0
Tubería de exhaustación	1	40	13,37	12,8	0
Purificadoras y calentadoras	1	6	29,32	10,23	0
Electricidad	1	35	19,23	7,2	0
Ventilación mecánica de la CM	1	18	19,23	7,2	0
Bombas casco, taller, etc.	1	25	18,45	12,63	0
Total Weight=		26.387	LCG=72,061 m	VCG=8,225 m	TGC=0 m

Draft Amidsh. m	10,3645
Displacement tonne	26.387
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	10,377
Draft at AP m	10,352
Draft at LCF m	10,363
Trim (+ve by stern) m	-0,025
WL Length m	158,943
WL Beam m	25,006
Wetted Area m^2	5.378,428
Waterpl. Area m^2	3.141,266
Prismatic Coeff.	0,651
Block Coeff.	0,64
Midship Area Coeff.	0,985
Waterpl. Area Coeff.	0,811
LCB from zero pt. m	72,062
LCF from zero pt. m	67,776
KB m	5,698
KG solid m	8,225
BMt m	5,361
BML m	179,028
GMt m	2,797
GML m	176,464
KMt m	11,059
KML m	184,726
Immersion (TPc) tonne/cm	32,198
MTc tonne.m	300,448
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1.287,887
Max deck inclination deg	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0

17. Carga homogénea con contenedores en cubierta, 100% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos

Tanques de agua					
Tanque de agua dulce B	100%	127,4	-0,02	13,093	-6,611
Tanque de agua dulce E	100%	103,7	-0,719	13,103	6,467
Tanque de agua dulce destilada	100%	23,79	3,007	13,051	7,229
Total Tanques de Agua		254,9	-0,022	13,094	0,003
Tanques varios					
Tanque de aguas aceitosas	0%	0	9,212	1,133	0
Tanque de lodos	0%	0	13,154	8,19	-7,324
Tanque derrames	0%	0	13,313	1,007	0
Tanque de retorno	0%	0	18,462	0,94	0
Tanque de reboses	0%	0	26,356	1,125	-2,749
Total Tanques varios		0	15,724	1,975	-1,862
Tanques de aceites					
Tanque almacén aceite M.P.	100%	15,77	23,358	11,688	-9,88
Tanque almacén aceite MM.AA.	100%	8,22	23,358	13,007	9,956
Tanque de aceite sucio	0%	0	24,674	0,923	0
Total Tanques de aceite		23,99	23,358	12,14	-3,084
Tanques de D.O.					
Tanque almacén D.O. B	100%	43,96	24,669	11,677	-9,81
Tanque almacén D.O. E	100%	43,96	24,669	11,677	9,81
Tanque servicio diario D.O.	100%	28,74	16,482	11,757	-9,577
Total Tanques de D.O.		116,7	22,652	11,696	-2,36
Tanques de F.O.					
Tk. FO. Popa Er	100%	212	-0,606	15,9	5,082
Tk. FO. Popa Br	100%	212	-0,606	15,9	-5,082
Tk. FO. cub. pp. E.	100%	79,6	26,633	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pp. CE.	100%	79,6	26,633	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pp. CB.	100%	79,6	26,633	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pp. B.	100%	79,6	26,633	15,9	-9,375
Tk. FO. medio Er	100%	123,9	31,715	9,9	7
Tk. FO. medio C	100%	92,9	31,715	9,9	0
Tk. FO. medio Br	100%	123,9	31,715	9,9	-7
Tk. FO. alto Er	100%	123,9	31,715	12,9	7
Tk. FO. alto C	100%	92,9	31,715	12,9	0
Tk. FO. alto Br	100%	123,9	31,715	12,9	-7
Tk. FO. cub. pr. E.	100%	96,8	31,715	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pr. CE	100%	96,8	31,715	15,9	3,125

Tk. FO. cub. pr. CB	100%	96,8	31,715	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pr. B	100%	96,8	31,715	15,9	-9,375
Tk. FO. bajo Er	100%	165,1	31,843	5,867	5,826
Tk. FO. bajo C	100%	213,7	31,715	4,95	0
Tk. FO. bajo Br	100%	165,1	31,843	5,867	-5,826
Tanque servicio diario F.O. B	100%	62,8	20,134	11,837	-11,159
Tanque servicio diario F.O. E	100%	35,23	20,098	13,023	11,254
Tanque sedimentación F.O. E	100%	52,4	27,943	11,4	9,6
Tanque sedimentación F.O. B	100%	52,4	27,943	11,4	-9,6
Total tanques de F.O.		2.558	25,143	12,167	-0,119
Tanques de lastre					
Pique de popa					
pique de popa	0%	0	3,26	9,295	0
Anillo tanques de F.O.					
lastre tk. FO: bajo Er	0%	0	31,52	4,812	8,697
lastre tk. FO: bajo Br	0%	0	31,52	4,812	-8,697
lastre tk. FO: medio Er	0%	0	32,079	9,94	11,682
lastre tk. FO: medio Br	0%	0	32,079	9,94	-11,682
lastre tk. FO: alto Er	0%	0	32,032	12,908	11,741
lastre tk. FO: alto Br	0%	0	32,032	12,908	-11,741
1º Anillo de carga					
dfb1e	0%	0	44,402	0,825	4,155
dfb1b	0%	0	44,402	0,825	-4,155
lastreb1e	0%	0	43,449	4,704	10,705
lastreb1b	0%	0	43,449	4,704	-10,705
lastre e2b1e	0%	0	44,498	9,906	11,739
lastre e2b1b	0%	0	44,498	9,906	-11,739
lastre e1b1e	0%	0	44,435	12,901	11,749
lastre e1b1b	0%	0	44,435	12,901	-11,749
2º Anillo de carga					
dfb2e	0%	0	67,678	0,788	5,566
dfb2b	0%	0	67,678	0,788	-5,566
lastreb2e	0%	0	67,619	5,012	11,706
lastreb2b	0%	0	67,619	5,012	-11,706
lastre e2b2e	0%	0	67,634	9,901	11,748
lastre e2b2b	0%	0	67,634	9,901	-11,748
lastre e1b2e	0%	0	67,665	12,9	11,75
lastre e1b2b	0%	0	67,665	12,9	-11,75
3º Anillo de carga					
dfb3e	0%	0	93,713	0,814	4,077
dfb3b	0%	0	93,713	0,814	-4,077
lastreb3e	0%	0	96,343	4,691	9,649
lastreb3b	0%	0	96,343	4,691	-9,649
lastre e2b3e	0%	0	95,689	9,895	11,192
lastre e2b3b	0%	0	95,689	9,895	-11,192
lastre e1b3e	0%	0	94,994	12,922	11,573

lastre e1b3b	0%	0	94,994	12,922	-11,573
4º Anillo de carga					
dfb4e	0%	0	118,876	0,859	1,852
dfb4b	0%	0	118,876	0,859	-1,852
lastreb4e	0%	0	119,669	4,798	5,823
lastreb4b	0%	0	119,669	4,798	-5,823
lastre e2b4e	100%	75,1	119,532	9,881	8,264
lastre e2b4b	0%	0	119,532	9,881	-8,264
lastre e1b4e	0%	0	120,151	12,94	9,179
lastre e1b4b	0%	0	120,151	12,94	-9,179
5º Anillo de carga					
dfb5e	100%	64,5	134,992	2,053	1,267
dfb5b	100%	64,5	134,992	2,053	-1,267
lastreb5e	100%	44,82	135,127	5,705	3,141
lastreb5b	100%	44,82	135,127	5,705	-3,141
lastre e2b5e	100%	35,65	137,332	9,96	4,013
lastre e2b5b	100%	35,65	137,332	9,96	-4,013
lastre e1b5e	0%	0	137,218	12,929	5,359
lastre e1b5b	0%	0	137,218	12,929	-5,359
Empujador					
df empujador	100%	31,77	143,962	0,892	0
Pique de proa					
pique de proa	100%	259,7	152,57	7,151	0
Total Tanques de lastre		656	140,884	6,266	0
Tanques de aceite vegetal					
b5e	0%	0	134,862	6,233	1,404
b5b	0%	0	134,862	6,233	-1,404
Total Tanques de aceite vegetal		657	140,883	6,266	0,945
Espacios de carga seca					
1º Anillo de carga					
b1e	1	878	44,8	5,1	5,1
b1b	1	878	44,8	5,1	-5,1
e2b1e	1	422,9	44,4	9,9	5,5
e2b1b	1	422,9	44,4	9,9	-5,5
e1b1e	1	422,9	44,2	13,1	5,5
e1b1b	1	422,9	44,2	13,1	-5,5
Escotilla 1e	1	240	42,88	18,541	5,4
Escotilla 1b	1	240	42,88	18,541	-5,4
2º Anillo de carga					
b2e	1	1248	67,7	5	5,5
b2b	1	1248	67,7	5	-5,5
e2b2e	1	544	67,7	9,9	5,5
e2b2b	1	544	67,7	9,9	-5,5
e1b2e	1	544	67,7	13,4	5,5

e1b2b	1	544	67,7	13,4	-5,5
Escotilla 2e	1	360	67,68	18,541	5,4
Escotilla 2b	1	360	67,68	18,541	-5,4
3º Anillo de carga					
b3e	1	1.016	94,5	5,2	4,6
b3b	1	1.016	94,5	5,2	-4,6
e2b3e	1	523	95,2	9,9	5,3
e2b3b	1	523	95,2	9,9	-5,3
e1b3e	1	539	95,5	13,4	5,5
e1b3b	1	539	95,5	13,4	-5,5
Escotilla 3e	1	360	95,58	18,541	5,4
Escotilla 3b	1	360	95,58	18,541	-5,4
4º Anillo de carga					
b4e	1	438	119	5,4	2,7
b4b	1	438	119	5,4	-2,7
e2b4e	1	289,8	119,4	9,9	3,9
e2b4b	1	289,8	119,4	9,9	-3,9
e1b4e	1	327,9	119,7	13,4	4,3
e1b4b	1	327,9	119,7	13,4	-4,3
Escotilla 4e	1	160	120,38	18,541	4,4
Escotilla 4b	1	160	120,38	18,541	-4,4
5º Anillo de carga					
e2b5e	1	76,5	136,5	10	1,9
e2b5b	1	76,5	136,5	10	-1,9
e1b5e	1	103,5	136,8	13	2,5
e1b5b	1	103,5	136,8	13	-2,5
Escotilla 5e	1	20	137,41	20,695	2,9
Escotilla 5b	1	20	137,41	20,695	-2,9
Superestructura					
SpE	1	164,5	148,1	16,2	1
SeB	1	164,5	148,1	16,2	-1
Total Espacios de carga seca		17.356	80,462	9,954	0
Peso del acero del casco					
Acero Casco	1	4.250	69,563	9,093	0
Cámara de máquinas					
Maquinaria propulsora (7S65ME-C	1	470	25,09	6,91	0
Equipo de bombas MP	1	15	25,09	4	0
Línea de ejes	1	42	9,51	3,8	0
Hélice	1	19	4,06	3,8	0
Tubería y valvulería	1	190	20,32	9,5	0
Caldera	1	20	11	13	0
Motores auxiliares y alternador	1	120	11,33	9,7	0
Grupo de emergencia	1	40	0	0	0
Compresores Generadores	1	5	10,43	9,21	0
Bombas de carga y lastre	1	25	23,5	9,2	0

Pisos, tecles, escaleras, etc.	1	100	19,23	7,2	0
Tubería de exhaustación	1	40	13,37	12,8	0
Purificadoras y calentadoras	1	6	29,32	10,23	0
Electricidad	1	35	19,23	7,2	0
Ventilación mecánica de la CM	1	18	19,23	7,2	0
Bombas casco, taller, etc.	1	25	18,45	12,63	0
Total Weight=		26.676	LCG=71,904 m	VCG=9,843 m	TGC=0 m

Draft Amidsh. m	10,4855
Displacement tonne	26.676
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	10,411
Draft at AP m	10,56
Draft at LCF m	10,452
Trim (+ve by stern) m	0,149
WL Length m	159,481
WL Beam m	25,006
Wetted Area m^2	5.410,725
Waterpl. Area m^2	3.151,36
Prismatic Coeff.	0,652
Block Coeff.	0,641
Midship Area Coeff.	0,985
Waterpl. Area Coeff.	0,813
LCB from zero pt. m	71,902
LCF from zero pt. m	67,661
KB m	5,749
KG solid m	9,843
BMt m	5,33
BML m	178,58
GMt m	1,237
GML m	174,487
KMt m	11,079
KML m	184,33
Immersion (TPc) tonne/cm	32,301
MTc tonne.m	300,333
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	575,716
Max deck inclination deg	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0

18. Carga homogénea con contenedores en cubierta, 10% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos

Tanques de agua					
Tanque de agua dulce B	0%	0	-0,02	13,093	-6,611
Tanque de agua dulce E	22%	22,82	-0,55	11,992	5,996
Tanque de agua dulce destilada	10%	2,381	3,009	11,76	6,797
Total Tanques de Agua		25,2	-0,213	11,97	6,072
Tanques varios					
Tanque de aguas aceitosas	10%	1,535	10,09	0,346	0
Tanque de lodos	10%	2,681	14,501	7,197	-6,643
Tanque derrames	10%	2,285	13,324	0,194	0
Tanque de retorno	10%	3,375	18,596	0,151	0
Tanque de reboses	10%	0,788	26,384	0,35	-2,175
Total Tanques varios		10,66	15,787	1,975	-1,831
Tanques de aceites					
Tanque almacén aceite M.P.	10%	1,578	23,358	9,155	-9,674
Tanque almacén aceite MM.AA.	10%	0,822	23,358	11,743	9,914
Tanque de aceite sucio	10%	3,101	24,735	0,128	0
Total Tanques de aceite		5,5	24,134	4,453	-1,292
Tanques de D.O.					
Tanque almacén D.O. B	0%	0	24,669	11,677	-9,81
Tanque almacén D.O. E	0%	0	24,669	11,677	9,81
Tanque servicio diario D.O.	41%	11,67	16,483	10,126	-9,371
Total Tanques de D.O.		11,67	16,483	10,126	-9,371
Tanques de F.O.					
Tk. FO. Popa Er	30%	63,6	-0,607	14,85	5,082
Tk. FO. Popa Br	0%	0	-0,606	15,9	-5,082
Tk. FO. cub. pp. E.	0%	0	26,633	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pp. CE.	0%	0	26,633	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pp. CB.	0%	0	26,633	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pp. B.	0%	0	26,633	15,9	-9,375
Tk. FO. medio Er	0%	0	31,715	9,9	7
Tk. FO. medio C	0%	0	31,715	9,9	0
Tk. FO. medio Br	0%	0	31,715	9,9	-7
Tk. FO. alto Er	0%	0	31,715	12,9	7
Tk. FO. alto C	0%	0	31,715	12,9	0
Tk. FO. alto Br	0%	0	31,715	12,9	-7
Tk. FO. cub. pr. E.	0%	0	31,715	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pr. CE	0%	0	31,715	15,9	3,125

Tk. FO. cub. pr. CB	0%	0	31,715	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pr. B	0%	0	31,715	15,9	-9,375
Tk. FO. bajo Er	0%	0	31,843	5,867	5,826
Tk. FO. bajo C	0%	0	31,715	4,95	0
Tk. FO. bajo Br	0%	0	31,843	5,867	-5,826
Tanque servicio diario F.O. B	100%	62,8	20,134	11,837	-11,159
Tanque servicio diario F.O. E	100%	35,23	20,098	13,023	11,254
Tanque sedimentación F.O. E	100%	52,4	27,943	11,4	9,6
Tanque sedimentación F.O. B	100%	52,4	27,943	11,4	-9,6
Total tanques de F.O.		266,4	18,25	12,541	0,069
Tanques de lastre					
Pique de popa					
pique de popa	100%	146,9	3,26	9,295	0
Anillo tanques de F.O.					
lastre tk. FO: bajo Er	100%	83,7	31,52	4,812	8,697
lastre tk. FO: bajo Br	100%	83,7	31,52	4,812	-8,697
lastre tk. FO: medio Er	100%	25,39	32,079	9,94	11,682
lastre tk. FO: medio Br	100%	25,39	32,079	9,94	-11,682
lastre tk. FO: alto Er	100%	27,67	32,032	12,908	11,741
lastre tk. FO: alto Br	100%	27,67	32,032	12,908	-11,741
1º Anillo de carga					
dfb1e	100%	247,3	44,402	0,825	4,155
dfb1b	100%	247,3	44,402	0,825	-4,155
lastreb1e	100%	224,3	43,449	4,704	10,705
lastreb1b	100%	224,3	43,449	4,704	-10,705
lastre e2b1e	100%	82,8	44,498	9,906	11,739
lastre e2b1b	100%	82,8	44,498	9,906	-11,739
lastre e1b1e	100%	83,9	44,435	12,901	11,749
lastre e1b1b	100%	83,9	44,435	12,901	-11,749
2º Anillo de carga					
dfb2e	0%	0	67,678	0,788	5,566
dfb2b	0%	0	67,678	0,788	-5,566
lastreb2e	0%	0	67,619	5,012	11,706
lastreb2b	0%	0	67,619	5,012	-11,706
lastre e2b2e	0%	0	67,634	9,901	11,748
lastre e2b2b	0%	0	67,634	9,901	-11,748
lastre e1b2e	0%	0	67,665	12,9	11,75
lastre e1b2b	0%	0	67,665	12,9	-11,75
3º Anillo de carga					
dfb3e	0%	0	93,713	0,814	4,077
dfb3b	0%	0	93,713	0,814	-4,077
lastreb3e	0%	0	96,343	4,691	9,649
lastreb3b	0%	0	96,343	4,691	-9,649
lastre e2b3e	0%	0	95,689	9,895	11,192
lastre e2b3b	0%	0	95,689	9,895	-11,192
lastre e1b3e	0%	0	94,994	12,922	11,573

lastre e1b3b	0%	0	94,994	12,922	-11,573
4º Anillo de carga					
dfb4e	0%	0	118,876	0,859	1,852
dfb4b	0%	0	118,876	0,859	-1,852
lastreb4e	0%	0	119,669	4,798	5,823
lastreb4b	0%	0	119,669	4,798	-5,823
lastre e2b4e	0%	0	119,532	9,881	8,264
lastre e2b4b	0%	0	119,532	9,881	-8,264
lastre e1b4e	0%	0	120,151	12,94	9,179
lastre e1b4b	0%	0	120,151	12,94	-9,179
5º Anillo de carga					
dfb5e	0%	0	134,992	2,053	1,267
dfb5b	0%	0	134,992	2,053	-1,267
lastreb5e	0%	0	135,127	5,705	3,141
lastreb5b	0%	0	135,127	5,705	-3,141
lastre e2b5e	0%	0	137,332	9,96	4,013
lastre e2b5b	0%	0	137,332	9,96	-4,013
lastre e1b5e	0%	0	137,218	12,929	5,359
lastre e1b5b	0%	0	137,218	12,929	-5,359
Empujador					
df empujador	0%	0	143,962	0,892	0
Pique de proa					
pique de proa	0%	0	152,57	7,151	0
Total Tanques de lastre		1697	38,558	5,724	0
Tanques de aceite vegetal					
b5e	0%	0	134,862	6,233	1,404
b5b	0%	0	134,862	6,233	-1,404
Total Tanques de aceite vegetal		1.697	38,558	5,724	0
Espacios de carga seca					
1º Anillo de carga					
b1e	1	878	44,8	5,1	5,1
b1b	1	878	44,8	5,1	-5,1
e2b1e	1	422,9	44,4	9,9	5,5
e2b1b	1	422,9	44,4	9,9	-5,5
e1b1e	1	422,9	44,2	13,1	5,5
e1b1b	1	422,9	44,2	13,1	-5,5
Escotilla 1e	1	240	42,88	18,541	5,4
Escotilla 1b	1	240	42,88	18,541	-5,4
2º Anillo de carga					
b2e	1	1.248	67,7	5	5,5
b2b	1	1.248	67,7	5	-5,5
e2b2e	1	544	67,7	9,9	5,5
e2b2b	1	544	67,7	9,9	-5,5
e1b2e	1	544	67,7	13,4	5,5

e1b2b	1	544	67,7	13,4	-5,5
Escotilla 2e	1	360	67,68	18,541	5,4
Escotilla 2b	1	360	67,68	18,541	-5,4
3º Anillo de carga					
b3e	1	1016	94,5	5,2	4,6
b3b	1	1016	94,5	5,2	-4,6
e2b3e	1	523	95,2	9,9	5,3
e2b3b	1	523	95,2	9,9	-5,3
e1b3e	1	539	95,5	13,4	5,5
e1b3b	1	539	95,5	13,4	-5,5
Escotilla 3e	1	360	95,58	18,541	5,4
Escotilla 3b	1	360	95,58	18,541	-5,4
4º Anillo de carga					
b4e	1	438	119	5,4	2,7
b4b	1	438	119	5,4	-2,7
e2b4e	1	289,8	119,4	9,9	3,9
e2b4b	1	289,8	119,4	9,9	-3,9
e1b4e	1	327,9	119,7	13,4	4,3
e1b4b	1	327,9	119,7	13,4	-4,3
Escotilla 4e	1	160	120,38	18,541	4,4
Escotilla 4b	1	160	120,38	18,541	-4,4
5º Anillo de carga					
e2b5e	1	76,5	136,5	10	1,9
e2b5b	1	76,5	136,5	10	-1,9
e1b5e	1	103,5	136,8	13	2,5
e1b5b	1	103,5	136,8	13	-2,5
Escotilla 5e	1	20	137,41	20,695	2,9
Escotilla 5b	1	20	137,41	20,695	-2,9
Superestructura					
SpE	1	164,5	148,1	16,2	1
SeB	1	164,5	148,1	16,2	-1
Total Espacios de carga seca		17.356	80,462	9,954	0
Peso del acero del casco					
Acero Casco	1	4.250	69,563	9,093	0
Cámara de máquinas					
Maquinaria propulsora (7S65ME-C	1	470	25,09	6,91	0
Equipo de bombas MP	1	15	25,09	4	0
Línea de ejes	1	42	9,51	3,8	0
Hélice	1	19	4,06	3,8	0
Tubería y valvulería	1	190	20,32	9,5	0
Caldera	1	20	11	13	0
Motores auxiliares y alternador	1	120	11,33	9,7	0
Grupo de emergencia	1	40	0	0	0
Compresores Generadores	1	5	10,43	9,21	0
Bombas de carga y lastre	1	25	23,5	9,2	0

Pisos, tecles, escaleras, etc.	1	100	19,23	7,2	0
Tubería de exhaustación	1	40	13,37	12,8	0
Purificadoras y calentadoras	1	6	29,32	10,23	0
Electricidad	1	35	19,23	7,2	0
Ventilación mecánica de la CM	1	18	19,23	7,2	0
Bombas casco, taller, etc.	1	25	18,45	12,63	0
Total Weight=		24.892	LCG=72,260 m	VCG=9,475 m	TGC=0 m

Draft Amidsh. m	10,2225
Displacement tonne	24.891
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	9,885
Draft at AP m	10,56
Draft at LCF m	9,895
Trim (+ve by stern) m	0,675
WL Length m	157,339
WL Beam m	25,007
Wetted Area m^2	5.205,144
Waterpl. Area m^2	3.089,486
Prismatic Coeff.	0,644
Block Coeff.	0,633
Midship Area Coeff.	0,984
Waterpl. Area Coeff.	0,797
LCB from zero pt. m	72,26
LCF from zero pt. m	68,079
KB m	5,432
KG solid m	9,475
BMt m	5,548
BML m	181,59
GMt m	1,466
GML m	177,508
KMt m	10,981
KML m	187,023
Immersion (TPc) tonne/cm	31,667
MTc tonne.m	285,109
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	636,727
Max deck inclination deg	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0

19. Carga homogénea 1,25 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos

Tanques de agua					
Tanque de agua dulce B	100%	127,4	-0,02	13,093	-6,611
Tanque de agua dulce E	100%	103,7	-0,719	13,103	6,467
Tanque de agua dulce destilada	100%	23,79	3,007	13,051	7,229
Total Tanques de Agua		254,9	-0,022	13,094	0,003
Tanques varios					
Tanque de aguas aceitosas	0%	0	9,212	1,133	0
Tanque de lodos	0%	0	13,154	8,19	-7,324
Tanque derrames	0%	0	13,313	1,007	0
Tanque de retorno	0%	0	18,462	0,94	0
Tanque de reboses	0%	0	26,356	1,125	-2,749
Total Tanques varios		0	15,724	1,975	-1,862
Tanques de aceites					
Tanque almacén aceite M.P.	100%	15,77	23,358	11,688	-9,88
Tanque almacén aceite MM.AA.	100%	8,22	23,358	13,007	9,956
Tanque de aceite sucio	0%	0	24,674	0,923	0
Total Tanques de aceite		23,99	23,358	12,14	-3,084
Tanques de D.O.					
Tanque almacén D.O. B	100%	43,96	24,669	11,677	-9,81
Tanque almacén D.O. E	100%	43,96	24,669	11,677	9,81
Tanque servicio diario D.O.	100%	28,74	16,482	11,757	-9,577
Total Tanques de D.O.		116,7	22,652	11,696	-2,36
Tanques de F.O.					
Tk. FO. Popa Er	100%	212	-0,606	15,9	5,082
Tk. FO. Popa Br	100%	212	-0,606	15,9	-5,082
Tk. FO. cub. pp. E.	100%	79,6	26,633	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pp. CE.	100%	79,6	26,633	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pp. CB.	100%	79,6	26,633	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pp. B.	100%	79,6	26,633	15,9	-9,375
Tk. FO. medio Er	100%	123,9	31,715	9,9	7
Tk. FO. medio C	100%	92,9	31,715	9,9	0
Tk. FO. medio Br	100%	123,9	31,715	9,9	-7
Tk. FO. alto Er	100%	123,9	31,715	12,9	7
Tk. FO. alto C	100%	92,9	31,715	12,9	0
Tk. FO. alto Br	100%	123,9	31,715	12,9	-7
Tk. FO. cub. pr. E.	100%	96,8	31,715	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pr. CE	100%	96,8	31,715	15,9	3,125

Tk. FO. cub. pr. CB	100%	96,8	31,715	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pr. B	100%	96,8	31,715	15,9	-9,375
Tk. FO. bajo Er	100%	165,1	31,843	5,867	5,826
Tk. FO. bajo C	100%	213,7	31,715	4,95	0
Tk. FO. bajo Br	100%	165,1	31,843	5,867	-5,826
Tanque servicio diario F.O. B	100%	62,8	20,134	11,837	-11,159
Tanque servicio diario F.O. E	100%	35,23	20,098	13,023	11,254
Tanque sedimentación F.O. E	100%	52,4	27,943	11,4	9,6
Tanque sedimentación F.O. B	100%	52,4	27,943	11,4	-9,6
Total tanques de F.O.		2.558	25,143	12,167	-0,119
Tanques de lastre					
Pique de popa					
pique de popa	0%	0	3,26	9,295	0
Anillo tanques de F.O.					
lastre tk. FO: bajo Er	0%	0	31,52	4,812	8,697
lastre tk. FO: bajo Br	0%	0	31,52	4,812	-8,697
lastre tk. FO: medio Er	0%	0	32,079	9,94	11,682
lastre tk. FO: medio Br	0%	0	32,079	9,94	-11,682
lastre tk. FO: alto Er	0%	0	32,032	12,908	11,741
lastre tk. FO: alto Br	0%	0	32,032	12,908	-11,741
1º Anillo de carga					
dfb1e	0%	0	44,402	0,825	4,155
dfb1b	0%	0	44,402	0,825	-4,155
lastreb1e	0%	0	43,449	4,704	10,705
lastreb1b	0%	0	43,449	4,704	-10,705
lastre e2b1e	0%	0	44,498	9,906	11,739
lastre e2b1b	0%	0	44,498	9,906	-11,739
lastre e1b1e	0%	0	44,435	12,901	11,749
lastre e1b1b	0%	0	44,435	12,901	-11,749
2º Anillo de carga					
dfb2e	0%	0	67,678	0,788	5,566
dfb2b	0%	0	67,678	0,788	-5,566
lastreb2e	0%	0	67,619	5,012	11,706
lastreb2b	0%	0	67,619	5,012	-11,706
lastre e2b2e	0%	0	67,634	9,901	11,748
lastre e2b2b	0%	0	67,634	9,901	-11,748
lastre e1b2e	0%	0	67,665	12,9	11,75
lastre e1b2b	0%	0	67,665	12,9	-11,75
3º Anillo de carga					
dfb3e	0%	0	93,713	0,814	4,077
dfb3b	0%	0	93,713	0,814	-4,077
lastreb3e	0%	0	96,343	4,691	9,649
lastreb3b	0%	0	96,343	4,691	-9,649
lastre e2b3e	0%	0	95,689	9,895	11,192
lastre e2b3b	0%	0	95,689	9,895	-11,192
lastre e1b3e	0%	0	94,994	12,922	11,573

lastre e1b3b	0%	0	94,994	12,922	-11,573
4º Anillo de carga					
dfb4e	100%	106,8	118,876	0,859	1,852
dfb4b	100%	106,8	118,876	0,859	-1,852
lastreb4e	0%	0	119,669	4,798	5,823
lastreb4b	0%	0	119,669	4,798	-5,823
lastre e2b4e	100%	75,1	119,532	9,881	8,264
lastre e2b4b	0%	0	119,532	9,881	-8,264
lastre e1b4e	0%	0	120,151	12,94	9,179
lastre e1b4b	0%	0	120,151	12,94	-9,179
5º Anillo de carga					
dfb5e	100%	64,5	134,992	2,053	1,267
dfb5b	100%	64,5	134,992	2,053	-1,267
lastreb5e	100%	44,82	135,127	5,705	3,141
lastreb5b	100%	44,82	135,127	5,705	-3,141
lastre e2b5e	100%	35,65	137,332	9,96	4,013
lastre e2b5b	100%	35,65	137,332	9,96	-4,013
lastre e1b5e	100%	42,93	137,218	12,929	5,359
lastre e1b5b	100%	42,93	137,218	12,929	-5,359
Empujador					
df empujador	100%	31,77	143,962	0,892	0
Pique de proa					
pique de proa	100%	259,7	152,57	7,151	0
Total Tanques de lastre		956	135,638	5,657	0,649
Tanques de aceite vegetal					
b5e	0%	0	134,862	6,233	1,404
b5b	0%	0	134,862	6,233	-1,404
Total Tanques de aceite vegetal		0	134,862	6,233	0
Espacios de carga seca					
1º Anillo de carga					
b1e	1	1.165	44,8	5,1	5,1
b1b	1	1.165	44,8	5,1	-5,1
e2b1e	0,53	561	44,4	9,9	5,5
e2b1b	0,53	561	44,4	9,9	-5,5
e1b1e	0	561	44,2	13,1	5,5
e1b1b	0	561	44,2	13,1	-5,5
Escotilla 1e	0	0	42,88	18,541	5,4
Escotilla 1b	0	0	42,88	18,541	-5,4
2º Anillo de carga					
b2e	1	1.657	67,7	5	5,5
b2b	1	1.657	67,7	5	-5,5
e2b2e	1	722	67,7	9,9	5,5
e2b2b	1	722	67,7	9,9	-5,5
e1b2e	1	722	67,7	13,4	5,5

e1b2b	1	722	67,7	13,4	-5,5
Escotilla 2e	0	0	67,68	18,541	5,4
Escotilla 2b	0	0	67,68	18,541	-5,4
3º Anillo de carga					
b3e	1	1.349	94,5	5,2	4,6
b3b	1	1.349	94,5	5,2	-4,6
e2b3e	1	695	95,2	9,9	5,3
e2b3b	1	695	95,2	9,9	-5,3
e1b3e	1	715	95,5	13,4	5,5
e1b3b	1	715	95,5	13,4	-5,5
Escotilla 3e	0	0	95,58	18,541	5,4
Escotilla 3b	0	0	95,58	18,541	-5,4
4º Anillo de carga					
b4e	1	582	119	5,4	2,7
b4b	1	582	119	5,4	-2,7
e2b4e	1	384,7	119,4	9,9	3,9
e2b4b	1	384,7	119,4	9,9	-3,9
e1b4e	0,89	435,3	119,7	13,4	4,3
e1b4b	0,89	435,3	119,7	13,4	-4,3
Escotilla 4e	0	0	120,38	18,541	4,4
Escotilla 4b	0	0	120,38	18,541	-4,4
5º Anillo de carga					
e2b5e	0	101,6	136,5	10	1,9
e2b5b	0	101,6	136,5	10	-1,9
e1b5e	0	137,4	136,8	13	2,5
e1b5b	0	137,4	136,8	13	-2,5
Escotilla 5e	0	0	137,41	20,695	2,9
Escotilla 5b	0	0	137,41	20,695	-2,9
Superestructura					
SpE	0	218,4	148,1	16,2	1
SeB	0	218,4	148,1	16,2	-1
Total Espacios de carga seca		17.352	80,538	8,023	0
Peso del acero del casco					
Acero Casco	1	4.250	69,563	9,093	0
Cámara de máquinas					
Maquinaria propulsora (7S65ME-C	1	470	25,09	6,91	0
Equipo de bombas MP	1	15	25,09	4	0
Línea de ejes	1	42	9,51	3,8	0
Hélice	1	19	4,06	3,8	0
Tubería y valvulería	1	190	20,32	9,5	0
Caldera	1	20	11	13	0
Motores auxiliares y alternador	1	120	11,33	9,7	0
Grupo de emergencia	1	40	0	0	0
Compresores Generadores	1	5	10,43	9,21	0
Bombas de carga y lastre	1	25	23,5	9,2	0

Pisos, tecles, escaleras, etc.	1	100	19,23	7,2	0
Tubería de exhaustación	1	40	13,37	12,8	0
Purificadoras y calentadoras	1	6	29,32	10,23	0
Electricidad	1	35	19,23	7,2	0
Ventilación mecánica de la CM	1	18	19,23	7,2	0
Bombas casco, taller, etc.	1	25	18,45	12,63	0
Total Weight=		26.781	LCG=71,921 m	VCG=8,600 m	TGC=0 m

Draft Amidsh. m	10,483
Displacement tonne	26.783
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	10,462
Draft at AP m	10,504
Draft at LCF m	10,486
Trim (+ve by stern) m	0,042
WL Length m	159,538
WL Beam m	25,006
Wetted Area m^2	5.423,034
Waterpl. Area m^2	3.154,481
Prismatic Coeff.	0,653
Block Coeff.	0,642
Midship Area Coeff.	0,985
Waterpl. Area Coeff.	0,814
LCB from zero pt. m	71,919
LCF from zero pt. m	67,668
KB m	5,769
KG solid m	8,6
BMt m	5,316
BML m	178,32
GMt m	2,485
GML m	175,488
KMt m	11,084
KML m	184,088
Immersion (TPc) tonne/cm	32,333
MTc tonne.m	303,287
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1.161,388
Max deck inclination deg	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0

20. Carga homogénea 1,25 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos

Tanques de agua					
Tanque de agua dulce B	0%	0	-0,02	13,093	-6,611
Tanque de agua dulce E	22%	22,81	-0,548	11,992	5,997
Tanque de agua dulce destilada	10%	2,379	3,009	11,76	6,797
Total Tanques de Agua		25,19	-0,212	11,97	6,072
Tanques varios					
Tanque de aguas aceitosas	10%	1,534	10,091	0,346	0
Tanque de lodos	10%	2,681	14,502	7,197	-6,643
Tanque derrames	10%	2,285	13,325	0,194	0
Tanque de retorno	10%	3,376	18,6	0,151	0
Tanque de reboses	10%	0,787	26,384	0,35	-2,175
Total Tanques varios		10,66	15,789	1,975	-1,831
Tanques de aceites					
Tanque almacén aceite M.P.	10%	1,577	23,358	9,155	-9,674
Tanque almacén aceite MM.AA.	10%	0,822	23,358	11,743	9,914
Tanque de aceite sucio	10%	3,102	24,739	0,128	0
Total Tanques de aceite		5,5	24,137	4,451	-1,292
Tanques de D.O.					
Tanque almacén D.O. B	0%	0	24,669	11,677	-9,81
Tanque almacén D.O. E	0%	0	24,669	11,677	9,81
Tanque servicio diario D.O.	41%	11,67	16,483	10,126	-9,371
Total Tanques de D.O.		11,67	16,483	10,126	-9,371
Tanques de F.O.					
Tk. FO. Popa Er	30%	63,6	-0,606	14,85	5,082
Tk. FO. Popa Br	0%	0	-0,606	15,9	-5,082
Tk. FO. cub. pp. E.	0%	0	26,633	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pp. CE.	0%	0	26,633	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pp. CB.	0%	0	26,633	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pp. B.	0%	0	26,633	15,9	-9,375
Tk. FO. medio Er	0%	0	31,715	9,9	7
Tk. FO. medio C	0%	0	31,715	9,9	0
Tk. FO. medio Br	0%	0	31,715	9,9	-7
Tk. FO. alto Er	0%	0	31,715	12,9	7
Tk. FO. alto C	0%	0	31,715	12,9	0
Tk. FO. alto Br	0%	0	31,715	12,9	-7
Tk. FO. cub. pr. E.	0%	0	31,715	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pr. CE	0%	0	31,715	15,9	3,125

Tk. FO. cub. pr. CB	0%	0	31,715	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pr. B	0%	0	31,715	15,9	-9,375
Tk. FO. bajo Er	0%	0	31,843	5,867	5,826
Tk. FO. bajo C	0%	0	31,715	4,95	0
Tk. FO. bajo Br	0%	0	31,843	5,867	-5,826
Tanque servicio diario F.O. B	100%	62,8	20,134	11,837	-11,159
Tanque servicio diario F.O. E	100%	35,23	20,098	13,023	11,254
Tanque sedimentación F.O. E	100%	52,4	27,943	11,4	9,6
Tanque sedimentación F.O. B	100%	52,4	27,943	11,4	-9,6
Total tanques de F.O.		266,4	18,25	12,541	0,069
Tanques de lastre					
Pique de popa					
pique de popa	100%	146,9	3,26	9,295	0
Anillo tanques de F.O.					
lastre tk. FO: bajo Er	100%	83,7	31,52	4,812	8,697
lastre tk. FO: bajo Br	100%	83,7	31,52	4,812	-8,697
lastre tk. FO: medio Er	100%	25,39	32,079	9,94	11,682
lastre tk. FO: medio Br	100%	25,39	32,079	9,94	-11,682
lastre tk. FO: alto Er	100%	27,67	32,032	12,908	11,741
lastre tk. FO: alto Br	100%	27,67	32,032	12,908	-11,741
1º Anillo de carga					
dfb1e	100%	247,3	44,402	0,825	4,155
dfb1b	100%	247,3	44,402	0,825	-4,155
lastreb1e	100%	224,3	43,449	4,704	10,705
lastreb1b	100%	224,3	43,449	4,704	-10,705
lastre e2b1e	100%	82,8	44,498	9,906	11,739
lastre e2b1b	100%	82,8	44,498	9,906	-11,739
lastre e1b1e	100%	83,9	44,435	12,901	11,749
lastre e1b1b	100%	83,9	44,435	12,901	-11,749
2º Anillo de carga					
dfb2e	100%	462,1	67,678	0,788	5,566
dfb2b	100%	462,1	67,678	0,788	-5,566
lastreb2e	0%	0	67,619	5,012	11,706
lastreb2b	0%	0	67,619	5,012	-11,706
lastre e2b2e	0%	0	67,634	9,901	11,748
lastre e2b2b	0%	0	67,634	9,901	-11,748
lastre e1b2e	0%	0	67,665	12,9	11,75
lastre e1b2b	0%	0	67,665	12,9	-11,75
3º Anillo de carga					
dfb3e	0%	0	93,713	0,814	4,077
dfb3b	0%	0	93,713	0,814	-4,077
lastreb3e	0%	0	96,343	4,691	9,649
lastreb3b	0%	0	96,343	4,691	-9,649
lastre e2b3e	0%	0	95,689	9,895	11,192
lastre e2b3b	0%	0	95,689	9,895	-11,192
lastre e1b3e	0%	0	94,994	12,922	11,573

lastre e1b3b	0%	0	94,994	12,922	-11,573
4º Anillo de carga					
dfb4e	0%	0	118,876	0,859	1,852
dfb4b	0%	0	118,876	0,859	-1,852
lastreb4e	0%	0	119,669	4,798	5,823
lastreb4b	0%	0	119,669	4,798	-5,823
lastre e2b4e	0%	0	119,532	9,881	8,264
lastre e2b4b	0%	0	119,532	9,881	-8,264
lastre e1b4e	0%	0	120,151	12,94	9,179
lastre e1b4b	0%	0	120,151	12,94	-9,179
5º Anillo de carga					
dfb5e	0%	0	134,992	2,053	1,267
dfb5b	0%	0	134,992	2,053	-1,267
lastreb5e	0%	0	135,127	5,705	3,141
lastreb5b	0%	0	135,127	5,705	-3,141
lastre e2b5e	0%	0	137,332	9,96	4,013
lastre e2b5b	0%	0	137,332	9,96	-4,013
lastre e1b5e	0%	0	137,218	12,929	5,359
lastre e1b5b	0%	0	137,218	12,929	-5,359
Empujador					
df empujador	0%	0	143,962	0,892	0
Pique de proa					
pique de proa	0%	0	152,57	7,151	0
Total Tanques de lastre		2.621	48,826	3,984	0
Tanques de aceite vegetal					
b5e	0%	0	134,862	6,233	1,404
b5b	0%	0	134,862	6,233	-1,404
Total Tanques de aceite vegetal		0	134,862	6,233	0
Espacios de carga seca					
1º Anillo de carga					
b1e	1	1.165	44,8	5,1	5,1
b1b	1	1.165	44,8	5,1	-5,1
e2b1e	0,53	561	44,4	9,9	5,5
e2b1b	0,53	561	44,4	9,9	-5,5
e1b1e	0	561	44,2	13,1	5,5
e1b1b	0	561	44,2	13,1	-5,5
Escotilla 1e	0	0	42,88	18,541	5,4
Escotilla 1b	0	0	42,88	18,541	-5,4
2º Anillo de carga					
b2e	1	1.657	67,7	5	5,5
b2b	1	1.657	67,7	5	-5,5
e2b2e	1	722	67,7	9,9	5,5
e2b2b	1	722	67,7	9,9	-5,5
e1b2e	1	722	67,7	13,4	5,5

e1b2b	1	722	67,7	13,4	-5,5
Escotilla 2e	0	0	67,68	18,541	5,4
Escotilla 2b	0	0	67,68	18,541	-5,4
3º Anillo de carga					
b3e	1	1.349	94,5	5,2	4,6
b3b	1	1.349	94,5	5,2	-4,6
e2b3e	1	695	95,2	9,9	5,3
e2b3b	1	695	95,2	9,9	-5,3
e1b3e	1	715	95,5	13,4	5,5
e1b3b	1	715	95,5	13,4	-5,5
Escotilla 3e	0	0	95,58	18,541	5,4
Escotilla 3b	0	0	95,58	18,541	-5,4
4º Anillo de carga					
b4e	1	582	119	5,4	2,7
b4b	1	582	119	5,4	-2,7
e2b4e	1	384,7	119,4	9,9	3,9
e2b4b	1	384,7	119,4	9,9	-3,9
e1b4e	0,89	435,3	119,7	13,4	4,3
e1b4b	0,89	435,3	119,7	13,4	-4,3
Escotilla 4e	0	0	120,38	18,541	4,4
Escotilla 4b	0	0	120,38	18,541	-4,4
5º Anillo de carga					
e2b5e	0	101,6	136,5	10	1,9
e2b5b	0	101,6	136,5	10	-1,9
e1b5e	0	137,4	136,8	13	2,5
e1b5b	0	137,4	136,8	13	-2,5
Escotilla 5e	0	0	137,41	20,695	2,9
Escotilla 5b	0	0	137,41	20,695	-2,9
Superestructura					
SpE	0	218,4	148,1	16,2	1
SeB	0	218,4	148,1	16,2	-1
Total Espacios de carga seca		17.352	80,538	8,023	0
Peso del acero del casco					
Acero Casco	1	4.250	69,563	9,093	0
Cámara de máquinas					
Maquinaria propulsora (7S65ME-C	1	470	25,09	6,91	0
Equipo de bombas MP	1	15	25,09	4	0
Línea de ejes	1	42	9,51	3,8	0
Hélice	1	19	4,06	3,8	0
Tubería y valvulería	1	190	20,32	9,5	0
Caldera	1	20	11	13	0
Motores auxiliares y alternador	1	120	11,33	9,7	0
Grupo de emergencia	1	40	0	0	0
Compresores Generadores	1	5	10,43	9,21	0
Bombas de carga y lastre	1	25	23,5	9,2	0

Pisos, tecles, escaleras, etc.	1	100	19,23	7,2	0
Tubería de exhaustación	1	40	13,37	12,8	0
Purificadoras y calentadoras	1	6	29,32	10,23	0
Electricidad	1	35	19,23	7,2	0
Ventilación mecánica de la CM	1	18	19,23	7,2	0
Bombas casco, taller, etc.	1	25	18,45	12,63	0
Total Weight=		25.812	LCG=72,146 m	VCG=7,866 m	TGC=0 m

Draft Amidsh. m	10,185
Displacement tonne	25.812
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	10,194
Draft at AP m	10,176
Draft at LCF m	10,184
Trim (+ve by stern) m	-0,018
WL Length m	158,287
WL Beam m	25,006
Wetted Area m^2	5.312,816
Waterpl. Area m^2	3.122,25
Prismatic Coeff.	0,648
Block Coeff.	0,637
Midship Area Coeff.	0,984
Waterpl. Area Coeff.	0,806
LCB from zero pt. m	72,147
LCF from zero pt. m	67,875
KB m	5,597
KG solid m	7,866
BMt m	5,431
BML m	180,105
GMt m	3,123
GML m	177,797
KMt m	11,028
KML m	185,702
Immersion (TPc) tonne/cm	32,003
MTc tonne.m	296,132
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1.406,928
Max deck inclination deg	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0

21. Carga homogénea 1,40 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos

Tanques de agua					
Tanque de agua dulce B	0%	0	-0,02	13,093	-6,611
Tanque de agua dulce E	100%	103,7	-0,719	13,103	6,467
Tanque de agua dulce destilada	100%	23,79	3,007	13,051	7,229
Total Tanques de Agua		127,5	-0,024	13,094	6,61
Tanques varios					
Tanque de aguas aceitosas	0%	0	9,212	1,133	0
Tanque de lodos	0%	0	13,154	8,19	-7,324
Tanque derrames	0%	0	13,313	1,007	0
Tanque de retorno	0%	0	18,462	0,94	0
Tanque de reboses	0%	0	26,356	1,125	-2,749
Total Tanques varios		0	15,724	1,975	-1,862
Tanques de aceites					
Tanque almacén aceite M.P.	100%	15,77	23,358	11,688	-9,88
Tanque almacén aceite MM.AA.	100%	8,22	23,358	13,007	9,956
Tanque de aceite sucio	0%	0	24,674	0,923	0
Total Tanques de aceite		23,99	23,358	12,14	-3,084
Tanques de D.O.					
Tanque almacén D.O. B	100%	43,96	24,669	11,677	-9,81
Tanque almacén D.O. E	100%	43,96	24,669	11,677	9,81
Tanque servicio diario D.O.	100%	28,74	16,482	11,757	-9,577
Total Tanques de D.O.		116,7	22,652	11,696	-2,36
Tanques de F.O.					
Tk. FO. Popa Er	100%	212	-0,606	15,9	5,082
Tk. FO. Popa Br	100%	212	-0,606	15,9	-5,082
Tk. FO. cub. pp. E.	100%	79,6	26,633	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pp. CE.	100%	79,6	26,633	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pp. CB.	100%	79,6	26,633	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pp. B.	100%	79,6	26,633	15,9	-9,375
Tk. FO. medio Er	100%	123,9	31,715	9,9	7
Tk. FO. medio C	100%	92,9	31,715	9,9	0
Tk. FO. medio Br	100%	123,9	31,715	9,9	-7
Tk. FO. alto Er	100%	123,9	31,715	12,9	7
Tk. FO. alto C	100%	92,9	31,715	12,9	0
Tk. FO. alto Br	100%	123,9	31,715	12,9	-7
Tk. FO. cub. pr. E.	100%	96,8	31,715	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pr. CE	100%	96,8	31,715	15,9	3,125

Tk. FO. cub. pr. CB	100%	96,8	31,715	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pr. B	100%	96,8	31,715	15,9	-9,375
Tk. FO. bajo Er	100%	165,1	31,843	5,867	5,826
Tk. FO. bajo C	100%	213,7	31,715	4,95	0
Tk. FO. bajo Br	100%	165,1	31,843	5,867	-5,826
Tanque servicio diario F.O. B	100%	62,8	20,134	11,837	-11,159
Tanque servicio diario F.O. E	100%	35,23	20,098	13,023	11,254
Tanque sedimentación F.O. E	100%	52,4	27,943	11,4	9,6
Tanque sedimentación F.O. B	100%	52,4	27,943	11,4	-9,6
Total tanques de F.O.		2.558	25,143	12,167	-0,119
Tanques de lastre					
Pique de popa					
pique de popa	0%	0	3,26	9,295	0
Anillo tanques de F.O.					
lastre tk. FO: bajo Er	0%	0	31,52	4,812	8,697
lastre tk. FO: bajo Br	0%	0	31,52	4,812	-8,697
lastre tk. FO: medio Er	0%	0	32,079	9,94	11,682
lastre tk. FO: medio Br	0%	0	32,079	9,94	-11,682
lastre tk. FO: alto Er	0%	0	32,032	12,908	11,741
lastre tk. FO: alto Br	0%	0	32,032	12,908	-11,741
1º Anillo de carga					
dfb1e	0%	0	44,402	0,825	4,155
dfb1b	0%	0	44,402	0,825	-4,155
lastreb1e	0%	0	43,449	4,704	10,705
lastreb1b	0%	0	43,449	4,704	-10,705
lastre e2b1e	0%	0	44,498	9,906	11,739
lastre e2b1b	0%	0	44,498	9,906	-11,739
lastre e1b1e	0%	0	44,435	12,901	11,749
lastre e1b1b	0%	0	44,435	12,901	-11,749
2º Anillo de carga					
dfb2e	0%	0	67,678	0,788	5,566
dfb2b	0%	0	67,678	0,788	-5,566
lastreb2e	0%	0	67,619	5,012	11,706
lastreb2b	0%	0	67,619	5,012	-11,706
lastre e2b2e	0%	0	67,634	9,901	11,748
lastre e2b2b	0%	0	67,634	9,901	-11,748
lastre e1b2e	0%	0	67,665	12,9	11,75
lastre e1b2b	0%	0	67,665	12,9	-11,75
3º Anillo de carga					
dfb3e	0%	0	93,713	0,814	4,077
dfb3b	0%	0	93,713	0,814	-4,077
lastreb3e	0%	0	96,343	4,691	9,649
lastreb3b	0%	0	96,343	4,691	-9,649
lastre e2b3e	0%	0	95,689	9,895	11,192
lastre e2b3b	0%	0	95,689	9,895	-11,192
lastre e1b3e	0%	0	94,994	12,922	11,573

lastre e1b3b	0%	0	94,994	12,922	-11,573
4º Anillo de carga					
dfb4e	100%	106,8	118,876	0,859	1,852
dfb4b	100%	106,8	118,876	0,859	-1,852
lastreb4e	100%	242,7	119,669	4,798	5,823
lastreb4b	100%	242,7	119,669	4,798	-5,823
lastre e2b4e	0%	0	119,532	9,881	8,264
lastre e2b4b	25%	18,78	119,295	8,765	-7,908
lastre e1b4e	0%	0	120,151	12,94	9,179
lastre e1b4b	0%	0	120,151	12,94	-9,179
5º Anillo de carga					
dfb5e	100%	64,5	134,992	2,053	1,267
dfb5b	100%	64,5	134,992	2,053	-1,267
lastreb5e	100%	44,82	135,127	5,705	3,141
lastreb5b	100%	44,82	135,127	5,705	-3,141
lastre e2b5e	100%	35,65	137,332	9,96	4,013
lastre e2b5b	100%	35,65	137,332	9,96	-4,013
lastre e1b5e	100%	42,93	137,218	12,929	5,359
lastre e1b5b	100%	42,93	137,218	12,929	-5,359
Empujador					
df empujador	100%	31,77	143,962	0,892	0
Pique de proa					
pique de proa	0%	0	152,57	7,151	0
Total Tanques de lastre		1125	125,645	4,711	-0,132
Tanques de aceite vegetal					
b5e	0%	0	134,862	6,233	1,404
b5b	0%	0	134,862	6,233	-1,404
Total Tanques de aceite vegetal		0	0	0	0
Espacios de carga seca					
1º Anillo de carga					
b1e	0,94	1.041	44,8	5,1	5,1
b1b	0,94	1.041	44,8	5,1	-5,1
e2b1e	1	501	44,4	9,9	5,5
e2b1b	1	501	44,4	9,9	-5,5
e1b1e	1	501	44,2	13,1	5,5
e1b1b	1	501	44,2	13,1	-5,5
Escotilla 1e	0	0	42,88	18,541	5,4
Escotilla 1b	0	0	42,88	18,541	-5,4
2º Anillo de carga					
b2e	1	1.480	67,7	5	5,5
b2b	1	1.480	67,7	5	-5,5
e2b2e	1	645	67,7	9,9	5,5
e2b2b	1	645	67,7	9,9	-5,5
e1b2e	1	645	67,7	13,4	5,5

e1b2b	1	645	67,7	13,4	-5,5
Escotilla 2e	0	0	67,68	18,541	5,4
Escotilla 2b	0	0	67,68	18,541	-5,4
3º Anillo de carga					
b3e	1	1.204	94,5	5,2	4,6
b3b	1	1.204	94,5	5,2	-4,6
e2b3e	1	620	95,2	9,9	5,3
e2b3b	1	620	95,2	9,9	-5,3
e1b3e	1	639	95,5	13,4	5,5
e1b3b	1	639	95,5	13,4	-5,5
Escotilla 3e	0	0	95,58	18,541	5,4
Escotilla 3b	0	0	95,58	18,541	-5,4
4º Anillo de carga					
b4e	1	519	119	5,4	2,7
b4b	1	519	119	5,4	-2,7
e2b4e	1	343,5	119,4	9,9	3,9
e2b4b	1	343,5	119,4	9,9	-3,9
e1b4e	1	388,7	119,7	13,4	4,3
e1b4b	1	388,7	119,7	13,4	-4,3
Escotilla 4e	1	0	120,38	18,541	4,4
Escotilla 4b	1	0	120,38	18,541	-4,4
5º Anillo de carga					
e2b5e	1	90,7	136,5	10	1,9
e2b5b	1	90,7	136,5	10	-1,9
e1b5e	1	122,7	136,8	13	2,5
e1b5b	1	122,7	136,8	13	-2,5
Escotilla 5e	0	0	137,41	20,695	2,9
Escotilla 5b	0	0	137,41	20,695	-2,9
Superestructura					
SpE	0	195	148,1	16,2	1
SeB	0	195	148,1	16,2	-1
Total Espacios de carga seca		17.355	79,288	8,506	0
Peso del acero del casco					
Acero Casco	1	4.250	69,563	9,093	0
Cámara de máquinas					
Maquinaria propulsora (7S65ME-C	1	470	25,09	6,91	0
Equipo de bombas MP	1	15	25,09	4	0
Línea de ejes	1	42	9,51	3,8	0
Hélice	1	19	4,06	3,8	0
Tubería y valvulería	1	190	20,32	9,5	0
Caldera	1	20	11	13	0
Motores auxiliares y alternador	1	120	11,33	9,7	0
Grupo de emergencia	1	40	0	0	0
Compresores Generadores	1	5	10,43	9,21	0
Bombas de carga y lastre	1	25	23,5	9,2	0

Pisos, tecles, escaleras, etc.	1	100	19,23	7,2	0
Tubería de exhaustación	1	40	13,37	12,8	0
Purificadoras y calentadoras	1	6	29,32	10,23	0
Electricidad	1	35	19,23	7,2	0
Ventilación mecánica de la CM	1	18	19,23	7,2	0
Bombas casco, taller, etc.	1	25	18,45	12,63	0
Total Weight=		26.826	LCG=71,437 m	VCG=8,833 m	TGC=0 m

Draft Amidsh. m	10,3985
Displacement tonne	26.826
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	10,237
Draft at AP m	10,56
Draft at LCF m	10,499
Trim (+ve by stern) m	0,323
WL Length m	159,585
WL Beam m	25,006
Wetted Area m^2	5.425,919
Waterpl. Area m^2	3.159,121
Prismatic Coeff.	0,653
Block Coeff.	0,633
Midship Area Coeff.	0,985
Waterpl. Area Coeff.	0,815
LCB from zero pt. m	71,428
LCF from zero pt. m	67,366
KB m	5,776
KG solid m	8,833
BMt m	5,325
BML m	178,704
GMt m	2,267
GML m	175,646
KMt m	11,102
KML m	184,481
Immersion (TPc) tonne/cm	32,381
MTc tonne.m	304,022
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1.061,405
Max deck inclination deg	0,2
Trim angle (+ve by stern) deg	0,2

22. Carga homogénea 1,40 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos

Tanques de agua					
Tanque de agua dulce B	0%	0	-0,02	13,093	-6,611
Tanque de agua dulce E	22%	22,82	-0,551	11,992	5,996
Tanque de agua dulce destilada	10%	2,378	3,009	11,76	6,797
Total Tanques de Agua		25,19	-0,215	11,97	6,072
Tanques varios					
Tanque de aguas aceitosas	10%	1,535	10,09	0,346	0
Tanque de lodos	10%	2,681	14,5	7,197	-6,643
Tanque derrames	10%	2,286	13,322	0,195	0
Tanque de retorno	10%	3,374	18,591	0,151	0
Tanque de reboses	10%	0,788	26,383	0,35	-2,175
Total Tanques varios		10,66	15,785	1,975	-1,831
Tanques de aceites					
Tanque almacén aceite M.P.	10%	1,576	23,358	9,155	-9,674
Tanque almacén aceite MM.AA.	10%	0,822	23,358	11,742	9,914
Tanque de aceite sucio	10%	3,101	24,731	0,128	0
Total Tanques de aceite		5,5	24,132	4,451	-1,292
Tanques de D.O.					
Tanque almacén D.O. B	0%	0	24,669	11,677	-9,81
Tanque almacén D.O. E	0%	0	24,669	11,677	9,81
Tanque servicio diario D.O.	41%	11,67	16,483	10,126	-9,371
Total Tanques de D.O.		11,67	16,483	10,126	-9,371
Tanques de F.O.					
Tk. FO. Popa Er	0%	0	-0,606	15,9	5,082
Tk. FO. Popa Br	0%	0	-0,606	15,9	-5,082
Tk. FO. cub. pp. E.	0%	0	26,633	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pp. CE.	0%	0	26,633	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pp. CB.	0%	0	26,633	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pp. B.	0%	0	26,633	15,9	-9,375
Tk. FO. medio Er	0%	0	31,715	9,9	7
Tk. FO. medio C	0%	0	31,715	9,9	0
Tk. FO. medio Br	0%	0	31,715	9,9	-7
Tk. FO. alto Er	0%	0	31,715	12,9	7
Tk. FO. alto C	0%	0	31,715	12,9	0
Tk. FO. alto Br	0%	0	31,715	12,9	-7
Tk. FO. cub. pr. E.	0%	0	31,715	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pr. CE	0%	0	31,715	15,9	3,125

Tk. FO. cub. pr. CB	0%	0	31,715	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pr. B	0%	0	31,715	15,9	-9,375
Tk. FO. bajo Er	0%	0	31,843	5,867	5,826
Tk. FO. bajo C	25%	53,4	31,714	2,362	0
Tk. FO. bajo Br	0%	0	31,843	5,867	-5,826
Tanque servicio diario F.O. B	100%	62,8	20,134	11,837	-11,159
Tanque servicio diario F.O. E	100%	35,23	20,098	13,023	11,254
Tanque sedimentación F.O. E	100%	52,4	27,943	11,4	9,6
Tanque sedimentación F.O. B	100%	52,4	27,943	11,4	-9,6
Total tanques de F.O.		256,2	25,735	9,846	-1,189
Tanques de lastre					
Pique de popa					
pique de popa	100%	146,9	3,26	9,295	0
Anillo tanques de F.O.					
lastre tk. FO: bajo Er	0%	0	31,52	4,812	8,697
lastre tk. FO: bajo Br	0%	0	31,52	4,812	-8,697
lastre tk. FO: medio Er	100%	25,39	32,079	9,94	11,682
lastre tk. FO: medio Br	0%	0	32,079	9,94	-11,682
lastre tk. FO: alto Er	0%	0	32,032	12,908	11,741
lastre tk. FO: alto Br	0%	0	32,032	12,908	-11,741
1º Anillo de carga					
dfb1e	100%	247,3	44,402	0,825	4,155
dfb1b	100%	247,3	44,402	0,825	-4,155
lastreb1e	100%	224,3	43,449	4,704	10,705
lastreb1b	100%	224,3	43,449	4,704	-10,705
lastre e2b1e	0%	0	44,498	9,906	11,739
lastre e2b1b	0%	0	44,498	9,906	-11,739
lastre e1b1e	0%	0	44,435	12,901	11,749
lastre e1b1b	0%	0	44,435	12,901	-11,749
2º Anillo de carga					
dfb2e	0%	0	67,678	0,788	5,566
dfb2b	0%	0	67,678	0,788	-5,566
lastreb2e	0%	0	67,619	5,012	11,706
lastreb2b	0%	0	67,619	5,012	-11,706
lastre e2b2e	0%	0	67,634	9,901	11,748
lastre e2b2b	0%	0	67,634	9,901	-11,748
lastre e1b2e	0%	0	67,665	12,9	11,75
lastre e1b2b	0%	0	67,665	12,9	-11,75
3º Anillo de carga					
dfb3e	0%	0	93,713	0,814	4,077
dfb3b	0%	0	93,713	0,814	-4,077
lastreb3e	0%	0	96,343	4,691	9,649
lastreb3b	0%	0	96,343	4,691	-9,649
lastre e2b3e	0%	0	95,689	9,895	11,192
lastre e2b3b	0%	0	95,689	9,895	-11,192
lastre e1b3e	0%	0	94,994	12,922	11,573

lastre e1b3b	0%	0	94,994	12,922	-11,573
4º Anillo de carga					
dfb4e	0%	0	118,876	0,859	1,852
dfb4b	0%	0	118,876	0,859	-1,852
lastreb4e	0%	0	119,669	4,798	5,823
lastreb4b	0%	0	119,669	4,798	-5,823
lastre e2b4e	0%	0	119,532	9,881	8,264
lastre e2b4b	0%	0	119,532	9,881	-8,264
lastre e1b4e	0%	0	120,151	12,94	9,179
lastre e1b4b	0%	0	120,151	12,94	-9,179
5º Anillo de carga					
dfb5e	0%	0	134,992	2,053	1,267
dfb5b	0%	0	134,992	2,053	-1,267
lastreb5e	0%	0	135,127	5,705	3,141
lastreb5b	0%	0	135,127	5,705	-3,141
lastre e2b5e	0%	0	137,332	9,96	4,013
lastre e2b5b	0%	0	137,332	9,96	-4,013
lastre e1b5e	0%	0	137,218	12,929	5,359
lastre e1b5b	0%	0	137,218	12,929	-5,359
Empujador					
df empujador	0%	0	143,962	0,892	0
Pique de proa					
pique de proa	0%	0	152,57	7,151	0
Total Tanques de lastre		1115	38,139	3,708	0,266
Tanques de aceite vegetal					
b5e	0%	0	134,862	6,233	1,404
b5b	0%	0	134,862	6,233	-1,404
Total Tanques de aceite vegetal		0	0	0	0
Espacios de carga seca					
1º Anillo de carga					
b1e	0,94	1.041	44,8	5,1	5,1
b1b	0,94	1.041	44,8	5,1	-5,1
e2b1e	1	501	44,4	9,9	5,5
e2b1b	1	501	44,4	9,9	-5,5
e1b1e	1	501	44,2	13,1	5,5
e1b1b	1	501	44,2	13,1	-5,5
Escotilla 1e	0	0	42,88	18,541	5,4
Escotilla 1b	0	0	42,88	18,541	-5,4
2º Anillo de carga					
b2e	1	1.480	67,7	5	5,5
b2b	1	1.480	67,7	5	-5,5
e2b2e	1	645	67,7	9,9	5,5
e2b2b	1	645	67,7	9,9	-5,5
e1b2e	1	645	67,7	13,4	5,5

e1b2b	1	645	67,7	13,4	-5,5
Escotilla 2e	0	0	67,68	18,541	5,4
Escotilla 2b	0	0	67,68	18,541	-5,4
3º Anillo de carga					
b3e	1	1.204	94,5	5,2	4,6
b3b	1	1.204	94,5	5,2	-4,6
e2b3e	1	620	95,2	9,9	5,3
e2b3b	1	620	95,2	9,9	-5,3
e1b3e	1	639	95,5	13,4	5,5
e1b3b	1	639	95,5	13,4	-5,5
Escotilla 3e	0	0	95,58	18,541	5,4
Escotilla 3b	0	0	95,58	18,541	-5,4
4º Anillo de carga					
b4e	1	519	119	5,4	2,7
b4b	1	519	119	5,4	-2,7
e2b4e	1	343,5	119,4	9,9	3,9
e2b4b	1	343,5	119,4	9,9	-3,9
e1b4e	1	388,7	119,7	13,4	4,3
e1b4b	1	388,7	119,7	13,4	-4,3
Escotilla 4e	1	0	120,38	18,541	4,4
Escotilla 4b	1	0	120,38	18,541	-4,4
5º Anillo de carga					
e2b5e	1	90,7	136,5	10	1,9
e2b5b	1	90,7	136,5	10	-1,9
e1b5e	1	122,7	136,8	13	2,5
e1b5b	1	122,7	136,8	13	-2,5
Escotilla 5e	0	0	137,41	20,695	2,9
Escotilla 5b	0	0	137,41	20,695	-2,9
Superestructura					
SpE	0	195	148,1	16,2	1
SeB	0	195	148,1	16,2	-1
Total Espacios de carga seca		17.355	79,288	8,506	0
Peso del acero del casco					
Acero Casco	1	4.250	69,563	9,093	0
Cámara de máquinas					
Maquinaria propulsora (7S65ME-C	1	470	25,09	6,91	0
Equipo de bombas MP	1	15	25,09	4	0
Línea de ejes	1	42	9,51	3,8	0
Hélice	1	19	4,06	3,8	0
Tubería y valvulería	1	190	20,32	9,5	0
Caldera	1	20	11	13	0
Motores auxiliares y alternador	1	120	11,33	9,7	0
Grupo de emergencia	1	40	0	0	0
Compresores Generadores	1	5	10,43	9,21	0
Bombas de carga y lastre	1	25	23,5	9,2	0

Pisos, tecles, escaleras, etc.	1	100	19,23	7,2	0
Tubería de exhaustación	1	40	13,37	12,8	0
Purificadoras y calentadoras	1	6	29,32	10,23	0
Electricidad	1	35	19,23	7,2	0
Ventilación mecánica de la CM	1	18	19,23	7,2	0
Bombas casco, taller, etc.	1	25	18,45	12,63	0
Total Weight=		24.299	LCG=72,318 m	VCG=8,408 m	TGC=0 m

Draft Amidsh. m	9,704
Displacement tonne	24.299
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	9,677
Draft at AP m	9,731
Draft at LCF m	9,707
Trim (+ve by stern) m	0,054
WL Length m	156,794
WL Beam m	25,008
Wetted Area m^2	5.136,69
Waterpl. Area m^2	3.069,45
Prismatic Coeff.	0,641
Block Coeff.	0,629
Midship Area Coeff.	0,983
Waterpl. Area Coeff.	0,792
LCB from zero pt. m	72,318
LCF from zero pt. m	68,183
KB m	5,326
KG solid m	8,408
BMt m	5,628
BML m	182,923
GMt m	2,527
GML m	179,822
KMt m	10,954
KML m	188,249
Immersion (TPc) tonne/cm	31,462
MTc tonne.m	281,943
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1.071,541
Max deck inclination deg	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0

23. Carga homogénea 1,55 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos

Tanques de agua					
Tanque de agua dulce B	100%	127,4	-0,02	13,093	-6,611
Tanque de agua dulce E	100%	103,7	-0,719	13,103	6,467
Tanque de agua dulce destilada	100%	23,79	3,007	13,051	7,229
Total Tanques de Agua		254,9	-0,022	13,094	0,003
Tanques varios					
Tanque de aguas aceitosas	0%	0	9,212	1,133	0
Tanque de lodos	0%	0	13,154	8,19	-7,324
Tanque derrames	0%	0	13,313	1,007	0
Tanque de retorno	0%	0	18,462	0,94	0
Tanque de reboses	0%	0	26,356	1,125	-2,749
Total Tanques varios		0	15,724	1,975	-1,862
Tanques de aceites					
Tanque almacén aceite M.P.	100%	15,77	23,358	11,688	-9,88
Tanque almacén aceite MM.AA.	100%	8,22	23,358	13,007	9,956
Tanque de aceite sucio	0%	0	24,674	0,923	0
Total Tanques de aceite		23,99	23,358	12,14	-3,084
Tanques de D.O.					
Tanque almacén D.O. B	100%	43,96	24,669	11,677	-9,81
Tanque almacén D.O. E	100%	43,96	24,669	11,677	9,81
Tanque servicio diario D.O.	100%	28,74	16,482	11,757	-9,577
Total Tanques de D.O.		116,7	22,652	11,696	-2,36
Tanques de F.O.					
Tk. FO. Popa Er	100%	212	-0,606	15,9	5,082
Tk. FO. Popa Br	100%	212	-0,606	15,9	-5,082
Tk. FO. cub. pp. E.	100%	79,6	26,633	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pp. CE.	100%	79,6	26,633	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pp. CB.	100%	79,6	26,633	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pp. B.	100%	79,6	26,633	15,9	-9,375
Tk. FO. medio Er	100%	123,9	31,715	9,9	7
Tk. FO. medio C	100%	92,9	31,715	9,9	0
Tk. FO. medio Br	100%	123,9	31,715	9,9	-7
Tk. FO. alto Er	100%	123,9	31,715	12,9	7
Tk. FO. alto C	100%	92,9	31,715	12,9	0
Tk. FO. alto Br	100%	123,9	31,715	12,9	-7
Tk. FO. cub. pr. E.	100%	96,8	31,715	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pr. CE	100%	96,8	31,715	15,9	3,125

Tk. FO. cub. pr. CB	100%	96,8	31,715	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pr. B	100%	96,8	31,715	15,9	-9,375
Tk. FO. bajo Er	100%	165,1	31,843	5,867	5,826
Tk. FO. bajo C	100%	213,7	31,715	4,95	0
Tk. FO. bajo Br	100%	165,1	31,843	5,867	-5,826
Tanque servicio diario F.O. B	100%	62,8	20,134	11,837	-11,159
Tanque servicio diario F.O. E	100%	35,23	20,098	13,023	11,254
Tanque sedimentación F.O. E	100%	52,4	27,943	11,4	9,6
Tanque sedimentación F.O. B	100%	52,4	27,943	11,4	-9,6
Total tanques de F.O.		2.558	25,143	12,167	-0,119
Tanques de lastre					
Pique de popa					
pique de popa	0%	0	3,26	9,295	0
Anillo tanques de F.O.					
lastre tk. FO: bajo Er	0%	0	31,52	4,812	8,697
lastre tk. FO: bajo Br	0%	0	31,52	4,812	-8,697
lastre tk. FO: medio Er	0%	0	32,079	9,94	11,682
lastre tk. FO: medio Br	0%	0	32,079	9,94	-11,682
lastre tk. FO: alto Er	0%	0	32,032	12,908	11,741
lastre tk. FO: alto Br	0%	0	32,032	12,908	-11,741
1º Anillo de carga					
dfb1e	0%	0	44,402	0,825	4,155
dfb1b	0%	0	44,402	0,825	-4,155
lastreb1e	0%	0	43,449	4,704	10,705
lastreb1b	0%	0	43,449	4,704	-10,705
lastre e2b1e	0%	0	44,498	9,906	11,739
lastre e2b1b	0%	0	44,498	9,906	-11,739
lastre e1b1e	0%	0	44,435	12,901	11,749
lastre e1b1b	0%	0	44,435	12,901	-11,749
2º Anillo de carga					
dfb2e	0%	0	67,678	0,788	5,566
dfb2b	0%	0	67,678	0,788	-5,566
lastreb2e	0%	0	67,619	5,012	11,706
lastreb2b	0%	0	67,619	5,012	-11,706
lastre e2b2e	0%	0	67,634	9,901	11,748
lastre e2b2b	0%	0	67,634	9,901	-11,748
lastre e1b2e	0%	0	67,665	12,9	11,75
lastre e1b2b	0%	0	67,665	12,9	-11,75
3º Anillo de carga					
dfb3e	0%	0	93,713	0,814	4,077
dfb3b	0%	0	93,713	0,814	-4,077
lastreb3e	0%	0	96,343	4,691	9,649
lastreb3b	0%	0	96,343	4,691	-9,649
lastre e2b3e	0%	0	95,689	9,895	11,192
lastre e2b3b	0%	0	95,689	9,895	-11,192
lastre e1b3e	0%	0	94,994	12,922	11,573

lastre e1b3b	0%	0	94,994	12,922	-11,573
4º Anillo de carga					
dfb4e	0%	0	118,876	0,859	1,852
dfb4b	0%	0	118,876	0,859	-1,852
lastreb4e	100%	242,7	119,669	4,798	5,823
lastreb4b	100%	242,7	119,669	4,798	-5,823
lastre e2b4e	100%	75,1	119,532	9,881	8,264
lastre e2b4b	0%	0	119,532	9,881	-8,264
lastre e1b4e	0%	0	120,151	12,94	9,179
lastre e1b4b	0%	0	120,151	12,94	-9,179
5º Anillo de carga					
dfb5e	100%	64,5	134,992	2,053	1,267
dfb5b	100%	64,5	134,992	2,053	-1,267
lastreb5e	100%	44,82	135,127	5,705	3,141
lastreb5b	100%	44,82	135,127	5,705	-3,141
lastre e2b5e	0%	0	137,332	9,96	4,013
lastre e2b5b	0%	0	137,332	9,96	-4,013
lastre e1b5e	0%	0	137,218	12,929	5,359
lastre e1b5b	0%	0	137,218	12,929	-5,359
Empujador					
df empujador	100%	31,77	143,962	0,892	0
Pique de proa					
pique de proa	100%	259,7	152,57	7,151	0
Total Tanques de lastre		1071	131,502	5,354	0,58
Tanques de aceite vegetal					
b5e	0%	0	134,862	6,233	1,404
b5b	0%	0	134,862	6,233	-1,404
Total Tanques de aceite vegetal		0	0	0	0
Espacios de carga seca					
1º Anillo de carga					
b1e	1	940	44,8	5,1	5,1
b1b	1	940	44,8	5,1	-5,1
e2b1e	1	452,8	44,4	9,9	5,5
e2b1b	1	452,8	44,4	9,9	-5,5
e1b1e	1	452,8	44,2	13,1	5,5
e1b1b	1	452,8	44,2	13,1	-5,5
Escotilla 1e	0	0	42,88	18,541	5,4
Escotilla 1b	0	0	42,88	18,541	-5,4
2º Anillo de carga					
b2e	1	1.337	67,7	5	5,5
b2b	1	1.337	67,7	5	-5,5
e2b2e	1	582	67,7	9,9	5,5
e2b2b	1	582	67,7	9,9	-5,5
e1b2e	1	582	67,7	13,4	5,5

e1b2b	1	582	67,7	13,4	-5,5
Escotilla 2e	0	0	67,68	18,541	5,4
Escotilla 2b	0	0	67,68	18,541	-5,4
3º Anillo de carga					
b3e	1	1.088	94,5	5,2	4,6
b3b	1	1.088	94,5	5,2	-4,6
e2b3e	1	560	95,2	9,9	5,3
e2b3b	1	560	95,2	9,9	-5,3
e1b3e	1	577	95,5	13,4	5,5
e1b3b	1	577	95,5	13,4	-5,5
Escotilla 3e	0	0	95,58	18,541	5,4
Escotilla 3b	0	0	95,58	18,541	-5,4
4º Anillo de carga					
b4e	1	468,9	119	5,4	2,7
b4b	1	468,9	119	5,4	-2,7
e2b4e	1	310,2	119,4	9,9	3,9
e2b4b	1	310,2	119,4	9,9	-3,9
e1b4e	1	351	119,7	13,4	4,3
e1b4b	1	351	119,7	13,4	-4,3
Escotilla 4e	0	0	120,38	18,541	4,4
Escotilla 4b	0	0	120,38	18,541	-4,4
5º Anillo de carga					
e2b5e	1	81,9	136,5	10	1,9
e2b5b	1	81,9	136,5	10	-1,9
e1b5e	1	110,8	136,8	13	2,5
e1b5b	1	110,8	136,8	13	-2,5
Escotilla 5e	0	0	137,41	20,695	2,9
Escotilla 5b	0	0	137,41	20,695	-2,9
Superestructura					
SpE	1	176,1	148,1	16,2	1
SeB	1	176,1	148,1	16,2	-1
Total Espacios de carga seca		16.141	80,546	8,65	0
Peso del acero del casco					
Acero Casco	1	4.250	69,563	9,093	0
Cámara de máquinas					
Maquinaria propulsora (7S65ME-C	1	470	25,09	6,91	0
Equipo de bombas MP	1	15	25,09	4	0
Línea de ejes	1	42	9,51	3,8	0
Hélice	1	19	4,06	3,8	0
Tubería y valvulería	1	190	20,32	9,5	0
Caldera	1	20	11	13	0
Motores auxiliares y alternador	1	120	11,33	9,7	0
Grupo de emergencia	1	40	0	0	0
Compresores Generadores	1	5	10,43	9,21	0
Bombas de carga y lastre	1	25	23,5	9,2	0

Pisos, tecles, escaleras, etc.	1	100	19,23	7,2	0
Tubería de exhaustación	1	40	13,37	12,8	0
Purificadoras y calentadoras	1	6	29,32	10,23	0
Electricidad	1	35	19,23	7,2	0
Ventilación mecánica de la CM	1	18	19,23	7,2	0
Bombas casco, taller, etc.	1	25	18,45	12,63	0
Total Weight=		25.684	LCG=71,632 m	VCG=8,995 m	TGC=0 m

Draft Amidsh. m	10,245
Displacement tonne	25.684
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	9,89
Draft at AP m	10,6
Draft at LCF m	10,144
Trim (+ve by stern) m	0,71
WL Length m	159,151
WL Beam m	25,007
Wetted Area m^2	5.297,4
Waterpl. Area m^2	3.123,81
Prismatic Coeff.	0,647
Block Coeff.	0,627
Midship Area Coeff.	0,984
Waterpl. Area Coeff.	0,806
LCB from zero pt. m	71,622
LCF from zero pt. m	67,538
KB m	5,574
KG solid m	8,995
BMt m	5,465
BML m	181,275
GMt m	2,045
GML m	177,854
KMt m	11,04
KML m	186,849
Immersion (TPc) tonne/cm	32,019
MTc tonne.m	294,748
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	916,555
Max deck inclination deg	0,2
Trim angle (+ve by stern) deg	0,2

24. Carga homogénea 1,55 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos

Tanques de agua					
Tanque de agua dulce B	0%	0	-0,02	13,093	-6,611
Tanque de agua dulce E	22%	22,82	-0,552	11,992	5,996
Tanque de agua dulce destilada	10%	2,378	3,009	11,76	6,797
Total Tanques de Agua		25,19	-0,216	11,97	6,071
Tanques varios					
Tanque de aguas aceitosas	10%	1,535	10,089	0,346	0
Tanque de lodos	10%	2,682	14,499	7,197	-6,643
Tanque derrames	10%	2,284	13,321	0,194	0
Tanque de retorno	10%	3,375	18,588	0,151	0
Tanque de reboses	10%	0,788	26,383	0,35	-2,175
Total Tanques varios		10,66	15,784	1,975	-1,831
Tanques de aceites					
Tanque almacén aceite M.P.	10%	1,577	23,358	9,155	-9,674
Tanque almacén aceite MM.AA.	10%	0,822	23,358	11,742	9,914
Tanque de aceite sucio	10%	3,101	24,729	0,128	0
Total Tanques de aceite		5,5	24,131	4,451	-1,293
Tanques de D.O.					
Tanque almacén D.O. B	0%	0	24,669	11,677	-9,81
Tanque almacén D.O. E	0%	0	24,669	11,677	9,81
Tanque servicio diario D.O.	41%	11,67	16,483	10,126	-9,371
Total Tanques de D.O.		11,67	16,483	10,126	-9,371
Tanques de F.O.					
Tk. FO. Popa Er	30%	63,6	-0,609	14,85	5,082
Tk. FO. Popa Br	0%	0	-0,606	15,9	-5,082
Tk. FO. cub. pp. E.	0%	0	26,633	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pp. CE.	0%	0	26,633	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pp. CB.	0%	0	26,633	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pp. B.	0%	0	26,633	15,9	-9,375
Tk. FO. medio Er	0%	0	31,715	9,9	7
Tk. FO. medio C	0%	0	31,715	9,9	0
Tk. FO. medio Br	0%	0	31,715	9,9	-7
Tk. FO. alto Er	0%	0	31,715	12,9	7
Tk. FO. alto C	0%	0	31,715	12,9	0
Tk. FO. alto Br	0%	0	31,715	12,9	-7
Tk. FO. cub. pr. E.	0%	0	31,715	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pr. CE	0%	0	31,715	15,9	3,125

Tk. FO. cub. pr. CB	0%	0	31,715	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pr. B	0%	0	31,715	15,9	-9,375
Tk. FO. bajo Er	0%	0	31,843	5,867	5,826
Tk. FO. bajo C	0%	0	31,715	4,95	0
Tk. FO. bajo Br	0%	0	31,843	5,867	-5,826
Tanque servicio diario F.O. B	100%	62,8	20,134	11,837	-11,159
Tanque servicio diario F.O. E	100%	35,23	20,098	13,023	11,254
Tanque sedimentación F.O. E	100%	52,4	27,943	11,4	9,6
Tanque sedimentación F.O. B	100%	52,4	27,943	11,4	-9,6
Total tanques de F.O.		266,4	18,248	12,541	0,069
Tanques de lastre					
Pique de popa					
pique de popa	100%	146,9	3,26	9,295	0
Anillo tanques de F.O.					
lastre tk. FO: bajo Er	100%	83,7	31,52	4,812	8,697
lastre tk. FO: bajo Br	100%	83,7	31,52	4,812	-8,697
lastre tk. FO: medio Er	0%	0	32,079	9,94	11,682
lastre tk. FO: medio Br	0%	0	32,079	9,94	-11,682
lastre tk. FO: alto Er	0%	0	32,032	12,908	11,741
lastre tk. FO: alto Br	0%	0	32,032	12,908	-11,741
1º Anillo de carga					
dfb1e	100%	247,3	44,402	0,825	4,155
dfb1b	100%	247,3	44,402	0,825	-4,155
lastreb1e	100%	224,3	43,449	4,704	10,705
lastreb1b	100%	224,3	43,449	4,704	-10,705
lastre e2b1e	0%	0	44,498	9,906	11,739
lastre e2b1b	0%	0	44,498	9,906	-11,739
lastre e1b1e	0%	0	44,435	12,901	11,749
lastre e1b1b	0%	0	44,435	12,901	-11,749
2º Anillo de carga					
dfb2e	0%	0	67,678	0,788	5,566
dfb2b	0%	0	67,678	0,788	-5,566
lastreb2e	0%	0	67,619	5,012	11,706
lastreb2b	0%	0	67,619	5,012	-11,706
lastre e2b2e	0%	0	67,634	9,901	11,748
lastre e2b2b	0%	0	67,634	9,901	-11,748
lastre e1b2e	0%	0	67,665	12,9	11,75
lastre e1b2b	0%	0	67,665	12,9	-11,75
3º Anillo de carga					
dfb3e	0%	0	93,713	0,814	4,077
dfb3b	0%	0	93,713	0,814	-4,077
lastreb3e	0%	0	96,343	4,691	9,649
lastreb3b	0%	0	96,343	4,691	-9,649
lastre e2b3e	0%	0	95,689	9,895	11,192
lastre e2b3b	0%	0	95,689	9,895	-11,192
lastre e1b3e	0%	0	94,994	12,922	11,573

lastre e1b3b	0%	0	94,994	12,922	-11,573
4º Anillo de carga					
dfb4e	0%	0	118,876	0,859	1,852
dfb4b	0%	0	118,876	0,859	-1,852
lastreb4e	0%	0	119,669	4,798	5,823
lastreb4b	0%	0	119,669	4,798	-5,823
lastre e2b4e	0%	0	119,532	9,881	8,264
lastre e2b4b	0%	0	119,532	9,881	-8,264
lastre e1b4e	0%	0	120,151	12,94	9,179
lastre e1b4b	0%	0	120,151	12,94	-9,179
5º Anillo de carga					
dfb5e	0%	0	134,992	2,053	1,267
dfb5b	0%	0	134,992	2,053	-1,267
lastreb5e	0%	0	135,127	5,705	3,141
lastreb5b	0%	0	135,127	5,705	-3,141
lastre e2b5e	0%	0	137,332	9,96	4,013
lastre e2b5b	0%	0	137,332	9,96	-4,013
lastre e1b5e	0%	0	137,218	12,929	5,359
lastre e1b5b	0%	0	137,218	12,929	-5,359
Empujador					
df empujador	0%	0	143,962	0,892	0
Pique de proa					
pique de proa	0%	0	152,57	7,151	0
Total Tanques de lastre		1.257	37,540	3,729	0
Tanques de aceite vegetal					
b5e	0%	0	134,862	6,233	1,404
b5b	0%	0	134,862	6,233	-1,404
Total Tanques de aceite vegetal		0	0	0	0
Espacios de carga seca					
1º Anillo de carga					
b1e	1	940	44,8	5,1	5,1
b1b	1	940	44,8	5,1	-5,1
e2b1e	1	452,8	44,4	9,9	5,5
e2b1b	1	452,8	44,4	9,9	-5,5
e1b1e	1	452,8	44,2	13,1	5,5
e1b1b	1	452,8	44,2	13,1	-5,5
Escotilla 1e	0	0	42,88	18,541	5,4
Escotilla 1b	0	0	42,88	18,541	-5,4
2º Anillo de carga					
b2e	1	1.337	67,7	5	5,5
b2b	1	1.337	67,7	5	-5,5
e2b2e	1	582	67,7	9,9	5,5
e2b2b	1	582	67,7	9,9	-5,5
e1b2e	1	582	67,7	13,4	5,5

e1b2b	1	582	67,7	13,4	-5,5
Escotilla 2e	0	0	67,68	18,541	5,4
Escotilla 2b	0	0	67,68	18,541	-5,4
3º Anillo de carga					
b3e	1	1.088	94,5	5,2	4,6
b3b	1	1.088	94,5	5,2	-4,6
e2b3e	1	560	95,2	9,9	5,3
e2b3b	1	560	95,2	9,9	-5,3
e1b3e	1	577	95,5	13,4	5,5
e1b3b	1	577	95,5	13,4	-5,5
Escotilla 3e	0	0	95,58	18,541	5,4
Escotilla 3b	0	0	95,58	18,541	-5,4
4º Anillo de carga					
b4e	1	468,9	119	5,4	2,7
b4b	1	468,9	119	5,4	-2,7
e2b4e	1	310,2	119,4	9,9	3,9
e2b4b	1	310,2	119,4	9,9	-3,9
e1b4e	1	351	119,7	13,4	4,3
e1b4b	1	351	119,7	13,4	-4,3
Escotilla 4e	0	0	120,38	18,541	4,4
Escotilla 4b	0	0	120,38	18,541	-4,4
5º Anillo de carga					
e2b5e	1	81,9	136,5	10	1,9
e2b5b	1	81,9	136,5	10	-1,9
e1b5e	1	110,8	136,8	13	2,5
e1b5b	1	110,8	136,8	13	-2,5
Escotilla 5e	0	0	137,41	20,695	2,9
Escotilla 5b	0	0	137,41	20,695	-2,9
Superestructura					
SpE	1	176,1	148,1	16,2	1
SeB	1	176,1	148,1	16,2	-1
Total Espacios de carga seca		16.140	80,547	8,65	0
Peso del acero del casco					
Acero Casco	1	4.250	69,563	9,093	0
Cámara de máquinas					
Maquinaria propulsora (7S65ME-C	1	470	25,09	6,91	0
Equipo de bombas MP	1	15	25,09	4	0
Línea de ejes	1	42	9,51	3,8	0
Hélice	1	19	4,06	3,8	0
Tubería y valvulería	1	190	20,32	9,5	0
Caldera	1	20	11	13	0
Motores auxiliares y alternador	1	120	11,33	9,7	0
Grupo de emergencia	1	40	0	0	0
Compresores Generadores	1	5	10,43	9,21	0
Bombas de carga y lastre	1	25	23,5	9,2	0

Pisos, tecles, escaleras, etc.	1	100	19,23	7,2	0
Tubería de exhaustación	1	40	13,37	12,8	0
Purificadoras y calentadoras	1	6	29,32	10,23	0
Electricidad	1	35	19,23	7,2	0
Ventilación mecánica de la CM	1	18	19,23	7,2	0
Bombas casco, taller, etc.	1	25	18,45	12,63	0
Total Weight=		23.236	LCG=72,472 m	VCG=8,507 m	TGC=0 m

Draft Amidsh. m	9,3625
Displacement tonne	23.236
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	9,323
Draft at AP m	9,402
Draft at LCF m	9,367
Trim (+ve by stern) m	0,079
WL Length m	155,789
WL Beam m	25,009
Wetted Area m^2	5.010,469
Waterpl. Area m^2	3.028,671
Prismatic Coeff.	0,635
Block Coeff.	0,623
Midship Area Coeff.	0,983
Waterpl. Area Coeff.	0,781
LCB from zero pt. m	72,47
LCF from zero pt. m	68,503
KB m	5,133
KG solid m	8,507
BMt m	5,776
BML m	184,672
GMt m	2,359
GML m	181,255
KMt m	10,909
KML m	189,805
Immersion (TPc) tonne/cm	31,044
MTc tonne.m	271,764
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	956,611
Max deck inclination deg	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0

25. Carga homogénea 1,80 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos

Tanques de agua					
Tanque de agua dulce B	100%	127,4	-0,02	13,093	-6,611
Tanque de agua dulce E	100%	103,7	-0,719	13,103	6,467
Tanque de agua dulce destilada	100%	23,79	3,007	13,051	7,229
Total Tanques de Agua		254,9	-0,022	13,094	0,003
Tanques varios					
Tanque de aguas aceitosas	0%	0	9,212	1,133	0
Tanque de lodos	0%	0	13,154	8,19	-7,324
Tanque derrames	0%	0	13,313	1,007	0
Tanque de retorno	0%	0	18,462	0,94	0
Tanque de reboses	0%	0	26,356	1,125	-2,749
Total Tanques varios		0	15,724	1,975	-1,862
Tanques de aceites					
Tanque almacén aceite M.P.	100%	15,77	23,358	11,688	-9,88
Tanque almacén aceite MM.AA.	100%	8,22	23,358	13,007	9,956
Tanque de aceite sucio	0%	0	24,674	0,923	0
Total Tanques de aceite		23,99	23,358	12,14	-3,084
Tanques de D.O.					
Tanque almacén D.O. B	100%	43,96	24,669	11,677	-9,81
Tanque almacén D.O. E	100%	43,96	24,669	11,677	9,81
Tanque servicio diario D.O.	100%	28,74	16,482	11,757	-9,577
Total Tanques de D.O.		116,7	22,652	11,696	-2,36
Tanques de F.O.					
Tk. FO. Popa Er	100%	212	-0,606	15,9	5,082
Tk. FO. Popa Br	100%	212	-0,606	15,9	-5,082
Tk. FO. cub. pp. E.	100%	79,6	26,633	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pp. CE.	100%	79,6	26,633	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pp. CB.	100%	79,6	26,633	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pp. B.	100%	79,6	26,633	15,9	-9,375
Tk. FO. medio Er	100%	123,9	31,715	9,9	7
Tk. FO. medio C	100%	92,9	31,715	9,9	0
Tk. FO. medio Br	100%	123,9	31,715	9,9	-7
Tk. FO. alto Er	100%	123,9	31,715	12,9	7
Tk. FO. alto C	100%	92,9	31,715	12,9	0
Tk. FO. alto Br	100%	123,9	31,715	12,9	-7
Tk. FO. cub. pr. E.	100%	96,8	31,715	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pr. CE	100%	96,8	31,715	15,9	3,125

Tk. FO. cub. pr. CB	100%	96,8	31,715	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pr. B	100%	96,8	31,715	15,9	-9,375
Tk. FO. bajo Er	100%	165,1	31,843	5,867	5,826
Tk. FO. bajo C	100%	213,7	31,715	4,95	0
Tk. FO. bajo Br	100%	165,1	31,843	5,867	-5,826
Tanque servicio diario F.O. B	100%	62,8	20,134	11,837	-11,159
Tanque servicio diario F.O. E	100%	35,23	20,098	13,023	11,254
Tanque sedimentación F.O. E	100%	52,4	27,943	11,4	9,6
Tanque sedimentación F.O. B	100%	52,4	27,943	11,4	-9,6
Total tanques de F.O.		2.558	25,143	12,167	-0,119
Tanques de lastre					
Pique de popa					
pique de popa	0%	0	3,26	9,295	0
Anillo tanques de F.O.					
lastre tk. FO: bajo Er	0%	0	31,52	4,812	8,697
lastre tk. FO: bajo Br	0%	0	31,52	4,812	-8,697
lastre tk. FO: medio Er	0%	0	32,079	9,94	11,682
lastre tk. FO: medio Br	0%	0	32,079	9,94	-11,682
lastre tk. FO: alto Er	0%	0	32,032	12,908	11,741
lastre tk. FO: alto Br	0%	0	32,032	12,908	-11,741
1º Anillo de carga					
dfb1e	0%	0	44,402	0,825	4,155
dfb1b	0%	0	44,402	0,825	-4,155
lastreb1e	0%	0	43,449	4,704	10,705
lastreb1b	0%	0	43,449	4,704	-10,705
lastre e2b1e	0%	0	44,498	9,906	11,739
lastre e2b1b	0%	0	44,498	9,906	-11,739
lastre e1b1e	0%	0	44,435	12,901	11,749
lastre e1b1b	0%	0	44,435	12,901	-11,749
2º Anillo de carga					
dfb2e	0%	0	67,678	0,788	5,566
dfb2b	0%	0	67,678	0,788	-5,566
lastreb2e	0%	0	67,619	5,012	11,706
lastreb2b	0%	0	67,619	5,012	-11,706
lastre e2b2e	0%	0	67,634	9,901	11,748
lastre e2b2b	0%	0	67,634	9,901	-11,748
lastre e1b2e	0%	0	67,665	12,9	11,75
lastre e1b2b	0%	0	67,665	12,9	-11,75
3º Anillo de carga					
dfb3e	0%	0	93,713	0,814	4,077
dfb3b	0%	0	93,713	0,814	-4,077
lastreb3e	0%	0	96,343	4,691	9,649
lastreb3b	0%	0	96,343	4,691	-9,649
lastre e2b3e	0%	0	95,689	9,895	11,192
lastre e2b3b	0%	0	95,689	9,895	-11,192
lastre e1b3e	0%	0	94,994	12,922	11,573

lastre e1b3b	0%	0	94,994	12,922	-11,573
4º Anillo de carga					
dfb4e	100%	106,8	118,876	0,859	1,852
dfb4b	100%	106,8	118,876	0,859	-1,852
lastreb4e	100%	242,7	119,669	4,798	5,823
lastreb4b	100%	242,7	119,669	4,798	-5,823
lastre e2b4e	100%	75,1	119,532	9,881	8,264
lastre e2b4b	0%	0	119,532	9,881	-8,264
lastre e1b4e	0%	0	120,151	12,94	9,179
lastre e1b4b	0%	0	120,151	12,94	-9,179
5º Anillo de carga					
dfb5e	100%	64,5	134,992	2,053	1,267
dfb5b	100%	64,5	134,992	2,053	-1,267
lastreb5e	100%	44,82	135,127	5,705	3,141
lastreb5b	100%	44,82	135,127	5,705	-3,141
lastre e2b5e	100%	35,65	137,332	9,96	4,013
lastre e2b5b	100%	35,65	137,332	9,96	-4,013
lastre e1b5e	100%	42,93	137,218	12,929	5,359
lastre e1b5b	100%	42,93	137,218	12,929	-5,359
Empujador					
df empujador	100%	31,77	143,962	0,892	0
Pique de proa					
pique de proa	100%	259,7	152,57	7,151	0
Total Tanques de lastre		1.441	130,260	5,367	0,431
Tanques de aceite vegetal					
b5e	0%	0	134,862	6,233	1,404
b5b	0%	0	134,862	6,233	-1,404
Total Tanques de aceite vegetal		0	0	0	0
Espacios de carga seca					
1º Anillo de carga					
b1e	1	809	44,8	5,1	5,1
b1b	1	809	44,8	5,1	-5,1
e2b1e	1	389,9	44,4	9,9	5,5
e2b1b	1	389,9	44,4	9,9	-5,5
e1b1e	1	389,9	44,2	13,1	5,5
e1b1b	1	389,9	44,2	13,1	-5,5
Escotilla 1e	0	0	42,88	18,541	5,4
Escotilla 1b	0	0	42,88	18,541	-5,4
2º Anillo de carga					
b2e	1	1.151	67,7	5	5,5
b2b	1	1.151	67,7	5	-5,5
e2b2e	1	501	67,7	9,9	5,5
e2b2b	1	501	67,7	9,9	-5,5
e1b2e	1	501	67,7	13,4	5,5

e1b2b	1	501	67,7	13,4	-5,5
Escotilla 2e	0	0	67,68	18,541	5,4
Escotilla 2b	0	0	67,68	18,541	-5,4
3º Anillo de carga					
b3e	1	937	94,5	5,2	4,6
b3b	1	937	94,5	5,2	-4,6
e2b3e	1	482,5	95,2	9,9	5,3
e2b3b	1	482,5	95,2	9,9	-5,3
e1b3e	1	496,8	95,5	13,4	5,5
e1b3b	1	496,8	95,5	13,4	-5,5
Escotilla 3e	0	0	95,58	18,541	5,4
Escotilla 3b	0	0	95,58	18,541	-5,4
4º Anillo de carga					
b4e	1	403,8	119	5,4	2,7
b4b	1	403,8	119	5,4	-2,7
e2b4e	1	267,1	119,4	9,9	3,9
e2b4b	1	267,1	119,4	9,9	-3,9
e1b4e	1	302,3	119,7	13,4	4,3
e1b4b	1	302,3	119,7	13,4	-4,3
Escotilla 4e	0	0	120,38	18,541	4,4
Escotilla 4b	0	0	120,38	18,541	-4,4
5º Anillo de carga					
e2b5e	1	70,5	136,5	10	1,9
e2b5b	1	70,5	136,5	10	-1,9
e1b5e	1	95,4	136,8	13	2,5
e1b5b	1	95,4	136,8	13	-2,5
Escotilla 5e	0	0	137,41	20,695	2,9
Escotilla 5b	0	0	137,41	20,695	-2,9
Superestructura					
SpE	1	151,7	148,1	16,2	1
SeB	1	151,7	148,1	16,2	-1
Total Espacios de carga seca		13.898	80,548	8,65	0
Peso del acero del casco					
Acero Casco	1	4.250	69,563	9,093	0
Cámara de máquinas					
Maquinaria propulsora (7S65ME-C	1	470	25,09	6,91	0
Equipo de bombas MP	1	15	25,09	4	0
Línea de ejes	1	42	9,51	3,8	0
Hélice	1	19	4,06	3,8	0
Tubería y valvulería	1	190	20,32	9,5	0
Caldera	1	20	11	13	0
Motores auxiliares y alternador	1	120	11,33	9,7	0
Grupo de emergencia	1	40	0	0	0
Compresores Generadores	1	5	10,43	9,21	0
Bombas de carga y lastre	1	25	23,5	9,2	0

Pisos, tecles, escaleras, etc.	1	100	19,23	7,2	0
Tubería de exhaustación	1	40	13,37	12,8	0
Purificadoras y calentadoras	1	6	29,32	10,23	0
Electricidad	1	35	19,23	7,2	0
Ventilación mecánica de la CM	1	18	19,23	7,2	0
Bombas casco, taller, etc.	1	25	18,45	12,63	0
Total Weight=		23.812	LCG=71,650 m	VCG=8,972 m	TGC=0 m

Draft Amidsh. m	9,5085
Displacement tonne	23.812
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	9,159
Draft at AP m	9,858
Draft at LCF m	9,552
Trim (+ve by stern) m	0,699
WL Length m	157,783
WL Beam m	25,008
Wetted Area m^2	5.078,719
Waterpl. Area m^2	3.062,126
Prismatic Coeff.	0,637
Block Coeff.	0,611
Midship Area Coeff.	0,983
Waterpl. Area Coeff.	0,79
LCB from zero pt. m	71,633
LCF from zero pt. m	67,807
KB m	5,239
KG solid m	8,972
BMt m	5,726
BML m	185,626
GMt m	1,993
GML m	181,894
KMt m	10,965
KML m	190,866
Immersion (TPc) tonne/cm	31,387
MTc tonne.m	279,462
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	828,152
Max deck inclination deg	0,3
Trim angle (+ve by stern) deg	0,3

26. Carga homogénea 1,80 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos

Tanques de agua					
Tanque de agua dulce B	0%	0	-0,02	13,093	-6,611
Tanque de agua dulce E	22%	22,82	-0,552	11,992	5,996
Tanque de agua dulce destilada	10%	2,379	3,009	11,76	6,797
Total Tanques de Agua		25,2	-0,216	11,97	6,071
Tanques varios					
Tanque de aguas aceitosas	10%	1,535	10,089	0,346	0
Tanque de lodos	10%	2,68	14,499	7,197	-6,643
Tanque derrames	10%	2,285	13,321	0,194	0
Tanque de retorno	10%	3,374	18,586	0,151	0
Tanque de reboses	10%	0,788	26,382	0,35	-2,175
Total Tanques varios		10,66	15,783	1,974	-1,83
Tanques de aceites					
Tanque almacén aceite M.P.	10%	1,577	23,358	9,155	-9,674
Tanque almacén aceite MM.AA.	10%	0,822	23,358	11,743	9,914
Tanque de aceite sucio	10%	3,101	24,728	0,128	0
Total Tanques de aceite		5,5	24,13	4,452	-1,293
Tanques de D.O.					
Tanque almacén D.O. B	0%	0	24,669	11,677	-9,81
Tanque almacén D.O. E	0%	0	24,669	11,677	9,81
Tanque servicio diario D.O.	41%	11,67	16,483	10,126	-9,371
Total Tanques de D.O.		11,67	16,483	10,126	-9,371
Tanques de F.O.					
Tk. FO. Popa Er	0%	0	-0,606	15,9	5,082
Tk. FO. Popa Br	0%	0	-0,606	15,9	-5,082
Tk. FO. cub. pp. E.	0%	0	26,633	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pp. CE.	0%	0	26,633	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pp. CB.	0%	0	26,633	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pp. B.	0%	0	26,633	15,9	-9,375
Tk. FO. medio Er	0%	0	31,715	9,9	7
Tk. FO. medio C	0%	0	31,715	9,9	0
Tk. FO. medio Br	0%	0	31,715	9,9	-7
Tk. FO. alto Er	0%	0	31,715	12,9	7
Tk. FO. alto C	0%	0	31,715	12,9	0
Tk. FO. alto Br	0%	0	31,715	12,9	-7
Tk. FO. cub. pr. E.	0%	0	31,715	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pr. CE	0%	0	31,715	15,9	3,125

Tk. FO. cub. pr. CB	0%	0	31,715	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pr. B	0%	0	31,715	15,9	-9,375
Tk. FO. bajo Er	0%	0	31,843	5,867	5,826
Tk. FO. bajo C	25%	53,4	31,714	2,362	0
Tk. FO. bajo Br	0%	0	31,843	5,867	-5,826
Tanque servicio diario F.O. B	100%	62,8	20,134	11,837	-11,159
Tanque servicio diario F.O. E	100%	35,23	20,098	13,023	11,254
Tanque sedimentación F.O. E	100%	52,4	27,943	11,4	9,6
Tanque sedimentación F.O. B	100%	52,4	27,943	11,4	-9,6
Total tanques de F.O.		256,2	25,735	9,846	-1,189
Tanques de lastre					
Pique de popa					
pique de popa	100%	146,9	3,26	9,295	0
Anillo tanques de F.O.					
lastre tk. FO: bajo Er	100%	83,7	31,52	4,812	8,697
lastre tk. FO: bajo Br	100%	83,7	31,52	4,812	-8,697
lastre tk. FO: medio Er	100%	25,39	32,079	9,94	11,682
lastre tk. FO: medio Br	0%	0	32,079	9,94	-11,682
lastre tk. FO: alto Er	0%	0	32,032	12,908	11,741
lastre tk. FO: alto Br	0%	0	32,032	12,908	-11,741
1º Anillo de carga					
dfb1e	0%	0	44,402	0,825	4,155
dfb1b	0%	0	44,402	0,825	-4,155
lastreb1e	0%	0	43,449	4,704	10,705
lastreb1b	0%	0	43,449	4,704	-10,705
lastre e2b1e	0%	0	44,498	9,906	11,739
lastre e2b1b	0%	0	44,498	9,906	-11,739
lastre e1b1e	0%	0	44,435	12,901	11,749
lastre e1b1b	0%	0	44,435	12,901	-11,749
2º Anillo de carga					
dfb2e	0%	0	67,678	0,788	5,566
dfb2b	0%	0	67,678	0,788	-5,566
lastreb2e	0%	0	67,619	5,012	11,706
lastreb2b	0%	0	67,619	5,012	-11,706
lastre e2b2e	0%	0	67,634	9,901	11,748
lastre e2b2b	0%	0	67,634	9,901	-11,748
lastre e1b2e	0%	0	67,665	12,9	11,75
lastre e1b2b	0%	0	67,665	12,9	-11,75
3º Anillo de carga					
dfb3e	0%	0	93,713	0,814	4,077
dfb3b	0%	0	93,713	0,814	-4,077
lastreb3e	0%	0	96,343	4,691	9,649
lastreb3b	0%	0	96,343	4,691	-9,649
lastre e2b3e	0%	0	95,689	9,895	11,192
lastre e2b3b	0%	0	95,689	9,895	-11,192
lastre e1b3e	0%	0	94,994	12,922	11,573

lastre e1b3b	0%	0	94,994	12,922	-11,573
4º Anillo de carga					
dfb4e	0%	0	118,876	0,859	1,852
dfb4b	0%	0	118,876	0,859	-1,852
lastreb4e	0%	0	119,669	4,798	5,823
lastreb4b	0%	0	119,669	4,798	-5,823
lastre e2b4e	0%	0	119,532	9,881	8,264
lastre e2b4b	0%	0	119,532	9,881	-8,264
lastre e1b4e	0%	0	120,151	12,94	9,179
lastre e1b4b	0%	0	120,151	12,94	-9,179
5º Anillo de carga					
dfb5e	0%	0	134,992	2,053	1,267
dfb5b	0%	0	134,992	2,053	-1,267
lastreb5e	0%	0	135,127	5,705	3,141
lastreb5b	0%	0	135,127	5,705	-3,141
lastre e2b5e	0%	0	137,332	9,96	4,013
lastre e2b5b	0%	0	137,332	9,96	-4,013
lastre e1b5e	0%	0	137,218	12,929	5,359
lastre e1b5b	0%	0	137,218	12,929	-5,359
Empujador					
df empujador	0%	0	143,962	0,892	0
Pique de proa					
pique de proa	0%	0	152,57	7,151	0
Total Tanques de lastre		339,7	19,339	7,134	0,873
Tanques de aceite vegetal					
b5e	0%	0	134,862	6,233	1,404
b5b	0%	0	134,862	6,233	-1,404
Total Tanques de aceite vegetal		0	0	0	0
Espacios de carga seca					
1º Anillo de carga					
b1e	1	809	44,8	5,1	5,1
b1b	1	809	44,8	5,1	-5,1
e2b1e	1	389,9	44,4	9,9	5,5
e2b1b	1	389,9	44,4	9,9	-5,5
e1b1e	1	389,9	44,2	13,1	5,5
e1b1b	1	389,9	44,2	13,1	-5,5
Escotilla 1e	0	0	42,88	18,541	5,4
Escotilla 1b	0	0	42,88	18,541	-5,4
2º Anillo de carga					
b2e	1	1.151	67,7	5	5,5
b2b	1	1.151	67,7	5	-5,5
e2b2e	1	501	67,7	9,9	5,5
e2b2b	1	501	67,7	9,9	-5,5
e1b2e	1	501	67,7	13,4	5,5

e1b2b	1	501	67,7	13,4	-5,5
Escotilla 2e	0	0	67,68	18,541	5,4
Escotilla 2b	0	0	67,68	18,541	-5,4
3º Anillo de carga					
b3e	1	937	94,5	5,2	4,6
b3b	1	937	94,5	5,2	-4,6
e2b3e	1	482,5	95,2	9,9	5,3
e2b3b	1	482,5	95,2	9,9	-5,3
e1b3e	1	496,8	95,5	13,4	5,5
e1b3b	1	496,8	95,5	13,4	-5,5
Escotilla 3e	0	0	95,58	18,541	5,4
Escotilla 3b	0	0	95,58	18,541	-5,4
4º Anillo de carga					
b4e	1	403,8	119	5,4	2,7
b4b	1	403,8	119	5,4	-2,7
e2b4e	1	267,1	119,4	9,9	3,9
e2b4b	1	267,1	119,4	9,9	-3,9
e1b4e	1	302,3	119,7	13,4	4,3
e1b4b	1	302,3	119,7	13,4	-4,3
Escotilla 4e	0	0	120,38	18,541	4,4
Escotilla 4b	0	0	120,38	18,541	-4,4
5º Anillo de carga					
e2b5e	1	70,5	136,5	10	1,9
e2b5b	1	70,5	136,5	10	-1,9
e1b5e	1	95,4	136,8	13	2,5
e1b5b	1	95,4	136,8	13	-2,5
Escotilla 5e	0	0	137,41	20,695	2,9
Escotilla 5b	0	0	137,41	20,695	-2,9
Superestructura					
SpE	1	151,7	148,1	16,2	1
SeB	1	151,7	148,1	16,2	-1
Total Espacios de carga seca		13.898	80,551	8,65	0
Peso del acero del casco					
Acero Casco	1	4.250	69,563	9,093	0
Cámara de máquinas					
Maquinaria propulsora (7S65ME-C	1	470	25,09	6,91	0
Equipo de bombas MP	1	15	25,09	4	0
Línea de ejes	1	42	9,51	3,8	0
Hélice	1	19	4,06	3,8	0
Tubería y valvulería	1	190	20,32	9,5	0
Caldera	1	20	11	13	0
Motores auxiliares y alternador	1	120	11,33	9,7	0
Grupo de emergencia	1	40	0	0	0
Compresores Generadores	1	5	10,43	9,21	0
Bombas de carga y lastre	1	25	23,5	9,2	0

Pisos, tecles, escaleras, etc.	1	100	19,23	7,2	0
Tubería de exhaustación	1	40	13,37	12,8	0
Purificadoras y calentadoras	1	6	29,32	10,23	0
Electricidad	1	35	19,23	7,2	0
Ventilación mecánica de la CM	1	18	19,23	7,2	0
Bombas casco, taller, etc.	1	25	18,45	12,63	0
Total Weight=		20.066	LCG=72,986 m	VCG=8,731 m	TGC=0 m

Draft Amidsh. m	8,3175
Displacement tonne	20.066
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	8,273
Draft at AP m	8,362
Draft at LCF m	8,322
Trim (+ve by stern) m	0,089
WL Length m	152,854
WL Beam m	25,012
Wetted Area m^2	4.621,928
Waterpl. Area m^2	2.898,287
Prismatic Coeff.	0,619
Block Coeff.	0,604
Midship Area Coeff.	0,981
Waterpl. Area Coeff.	0,748
LCB from zero pt. m	72,984
LCF from zero pt. m	69,773
KB m	4,546
KG solid m	8,731
BMt m	6,288
BML m	190,904
GMt m	2,081
GML m	186,697
KMt m	10,835
KML m	195,451
Immersion (TPc) tonne/cm	29,707
MTc tonne.m	241,738
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	728,914
Max deck inclination deg	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0

27. Contenedores en bodegas y cubierta, 100% consumos

Tanques de agua					
Tanque de agua dulce B	25%	31,85	0,129	12,031	-6,194
Tanque de agua dulce E	100%	103,7	-0,719	13,103	6,467
Tanque de agua dulce destilada	100%	23,79	3,007	13,051	7,229
Total Tanques de Agua		159,4	0,007	12,881	4,051
Tanques varios					
Tanque de aguas aceitosas	0%	0	9,212	1,133	0
Tanque de lodos	0%	0	13,154	8,19	-7,324
Tanque derrames	0%	0	13,313	1,007	0
Tanque de retorno	0%	0	18,462	0,94	0
Tanque de reboses	0%	0	26,356	1,125	-2,749
Total Tanques varios		0	15,724	1,975	-1,862
Tanques de aceites					
Tanque almacén aceite M.P.	100%	15,77	23,358	11,688	-9,88
Tanque almacén aceite MM.AA.	100%	8,22	23,358	13,007	9,956
Tanque de aceite sucio	0%	0	24,674	0,923	0
Total Tanques de aceite		23,99	23,358	12,14	-3,084
Tanques de D.O.					
Tanque almacén D.O. B	100%	43,96	24,669	11,677	-9,81
Tanque almacén D.O. E	100%	43,96	24,669	11,677	9,81
Tanque servicio diario D.O.	100%	28,74	16,482	11,757	-9,577
Total Tanques de D.O.		116,7	22,652	11,696	-2,36
Tanques de F.O.					
Tk. FO. Popa Er	0%	0	-0,606	15,9	5,082
Tk. FO. Popa Br	0%	0	-0,606	15,9	-5,082
Tk. FO. cub. pp. E.	100%	79,6	26,633	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pp. CE.	100%	79,6	26,633	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pp. CB.	100%	79,6	26,633	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pp. B.	100%	79,6	26,633	15,9	-9,375
Tk. FO. medio Er	100%	123,9	31,715	9,9	7
Tk. FO. medio C	100%	92,9	31,715	9,9	0
Tk. FO. medio Br	100%	123,9	31,715	9,9	-7
Tk. FO. alto Er	100%	123,9	31,715	12,9	7
Tk. FO. alto C	100%	92,9	31,715	12,9	0
Tk. FO. alto Br	100%	123,9	31,715	12,9	-7
Tk. FO. cub. pr. E.	100%	96,8	31,715	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pr. CE	100%	96,8	31,715	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pr. CB	100%	96,8	31,715	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pr. B	100%	96,8	31,715	15,9	-9,375

Tk. FO. bajo Er	100%	165,1	31,843	5,867	5,826
Tk. FO. bajo C	100%	213,7	31,715	4,95	0
Tk. FO. bajo Br	100%	165,1	31,843	5,867	-5,826
Tanque servicio diario F.O. B	100%	62,8	20,134	11,837	-11,159
Tanque servicio diario F.O. E	100%	35,23	20,098	13,023	11,254
Tanque sedimentación F.O. E	100%	52,4	27,943	11,4	9,6
Tanque sedimentación F.O. B	100%	52,4	27,943	11,4	-9,6
Total tanques de F.O.		2.134	30,258	11,425	-0,143
Tanques de lastre					
Pique de popa					
pique de popa	0%	0	3,26	9,295	0
Anillo tanques de F.O.					
lastre tk. FO: bajo Er	0%	0	31,52	4,812	8,697
lastre tk. FO: bajo Br	0%	0	31,52	4,812	-8,697
lastre tk. FO: medio Er	0%	0	32,079	9,94	11,682
lastre tk. FO: medio Br	0%	0	32,079	9,94	-11,682
lastre tk. FO: alto Er	0%	0	32,032	12,908	11,741
lastre tk. FO: alto Br	0%	0	32,032	12,908	-11,741
1º Anillo de carga					
dfb1e	0%	0	44,402	0,825	4,155
dfb1b	0%	0	44,402	0,825	-4,155
lastreb1e	0%	0	43,449	4,704	10,705
lastreb1b	0%	0	43,449	4,704	-10,705
lastre e2b1e	0%	0	44,498	9,906	11,739
lastre e2b1b	0%	0	44,498	9,906	-11,739
lastre e1b1e	0%	0	44,435	12,901	11,749
lastre e1b1b	0%	0	44,435	12,901	-11,749
2º Anillo de carga					
dfb2e	100%	462,1	67,678	0,788	5,566
dfb2b	100%	462,1	67,678	0,788	-5,566
lastreb2e	0%	0	67,619	5,012	11,706
lastreb2b	0%	0	67,619	5,012	-11,706
lastre e2b2e	0%	0	67,634	9,901	11,748
lastre e2b2b	0%	0	67,634	9,901	-11,748
lastre e1b2e	0%	0	67,665	12,9	11,75
lastre e1b2b	0%	0	67,665	12,9	-11,75
3º Anillo de carga					
dfb3e	100%	316,4	93,713	0,814	4,077
dfb3b	100%	316,4	93,713	0,814	-4,077
lastreb3e	100%	354,6	96,343	4,691	9,649
lastreb3b	100%	354,6	96,343	4,691	-9,649
lastre e2b3e	100%	108,6	95,689	9,895	11,192
lastre e2b3b	100%	108,6	95,689	9,895	-11,192
lastre e1b3e	100%	111,9	94,994	12,922	11,573
lastre e1b3b	100%	111,9	94,994	12,922	-11,573

4º Anillo de carga					
dfb4e	100%	106,8	118,876	0,859	1,852
dfb4b	100%	106,8	118,876	0,859	-1,852
lastreb4e	100%	242,7	119,669	4,798	5,823
lastreb4b	100%	242,7	119,669	4,798	-5,823
lastre e2b4e	100%	75,1	119,532	9,881	8,264
lastre e2b4b	100%	75,1	119,532	9,881	-8,264
lastre e1b4e	100%	78,6	120,151	12,94	9,179
lastre e1b4b	100%	78,6	120,151	12,94	-9,179
5º Anillo de carga					
dfb5e	100%	64,5	134,992	2,053	1,267
dfb5b	100%	64,5	134,992	2,053	-1,267
lastreb5e	100%	44,82	135,127	5,705	3,141
lastreb5b	100%	44,82	135,127	5,705	-3,141
lastre e2b5e	100%	35,65	137,332	9,96	4,013
lastre e2b5b	100%	35,65	137,332	9,96	-4,013
lastre e1b5e	100%	42,93	137,218	12,929	5,359
lastre e1b5b	100%	42,93	137,218	12,929	-5,359
Empujador					
df empujador	100%	31,77	143,962	0,892	0
Pique de proa					
pique de proa	100%	259,7	152,57	7,151	0
Total Tanques de lastre		4.573	103,599	4,662	0
Tanques de aceite vegetal					
b5e	100%	96,2	134,862	6,233	1,404
b5b	100%	96,2	134,862	6,233	-1,404
Total Tanques de aceite vegetal		192,4	134,862	6,233	0
Espacios de carga seca					
1º Anillo de carga					
b1e	1	120	44,8	5,1	5,1
b1b	1	120	44,8	5,1	-5,1
e2b1e	1	120	44,4	9,9	5,5
e2b1b	1	120	44,4	9,9	-5,5
e1b1e	1	120	44,2	13,1	5,5
e1b1b	1	120	44,2	13,1	-5,5
Escotilla 1e	1	240	42,88	18,541	5,4
Escotilla 1b	1	240	42,88	18,541	-5,4
2º Anillo de carga					
b2e	1	360	67,7	5	5,5
b2b	1	360	67,7	5	-5,5
e2b2e	1	180	67,7	9,9	5,5
e2b2b	1	180	67,7	9,9	-5,5
e1b2e	1	180	67,7	13,4	5,5

e1b2b	1	180	67,7	13,4	-5,5
Escotilla 2e	1	360	67,68	18,541	5,4
Escotilla 2b	1	360	67,68	18,541	-5,4
3º Anillo de carga					
b3e	1	200	94,5	5,2	4,6
b3b	1	200	94,5	5,2	-4,6
e2b3e	1	180	95,2	9,9	5,3
e2b3b	1	180	95,2	9,9	-5,3
e1b3e	1	180	95,5	13,4	5,5
e1b3b	1	180	95,5	13,4	-5,5
Escotilla 3e	1	360	95,58	18,541	5,4
Escotilla 3b	1	360	95,58	18,541	-5,4
4º Anillo de carga					
b4e	1	0	119	5,4	2,7
b4b	1	0	119	5,4	-2,7
e2b4e	1	60	119,4	9,9	3,9
e2b4b	1	60	119,4	9,9	-3,9
e1b4e	1	80	119,7	13,4	4,3
e1b4b	1	80	119,7	13,4	-4,3
Escotilla 4e	1	160	120,38	18,541	4,4
Escotilla 4b	1	160	120,38	18,541	-4,4
5º Anillo de carga					
e2b5e	0	0	136,5	10	1,9
e2b5b	0	0	136,5	10	-1,9
e1b5e	0	0	136,8	13	2,5
e1b5b	0	0	136,8	13	-2,5
Escotilla 5e	1	20	137,41	20,695	2,9
Escotilla 5b	1	20	137,41	20,695	-2,9
Superestructura					
SpE	1	20	148,1	16,2	1
SeB	1	20	148,1	16,2	-1
Total Espacios de carga seca		5.880	77,807	12,847	0
Peso del acero del casco					
Acero Casco	1	4.250	69,563	9,093	0
Cámara de máquinas					
Maquinaria propulsora (7S65ME-C	1	470	25,09	6,91	0
Equipo de bombas MP	1	15	25,09	4	0
Línea de ejes	1	42	9,51	3,8	0
Hélice	1	19	4,06	3,8	0
Tubería y valvulería	1	190	20,32	9,5	0
Caldera	1	20	11	13	0
Motores auxiliares y alternador	1	120	11,33	9,7	0
Grupo de emergencia	1	40	0	0	0
Compresores Generadores	1	5	10,43	9,21	0
Bombas de carga y lastre	1	25	23,5	9,2	0

Pisos, tecles, escaleras, etc.	1	100	19,23	7,2	0
Tubería de exhaustación	1	40	13,37	12,8	0
Purificadoras y calentadoras	1	6	29,32	10,23	0
Electricidad	1	35	19,23	7,2	0
Ventilación mecánica de la CM	1	18	19,23	7,2	0
Bombas casco, taller, etc.	1	25	18,45	12,63	0
Total Weight=		18.407	LCG=72,283 m	VCG=9,482 m	TGC=0 m

Draft Amidsh. m	7,733
Displacement tonne	18.407
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	7,287
Draft at AP m	8,179
Draft at LCF m	7,758
Trim (+ve by stern) m	0,892
WL Length m	152,941
WL Beam m	25,014
Wetted Area m^2	4.412,259
Waterpl. Area m^2	2.849,103
Prismatic Coeff.	0,607
Block Coeff.	0,573
Midship Area Coeff.	0,978
Waterpl. Area Coeff.	0,735
LCB from zero pt. m	72,254
LCF from zero pt. m	69,963
KB m	4,234
KG solid m	9,482
BMt m	6,669
BML m	200,567
GMt m	1,41
GML m	195,309
KMt m	10,903
KML m	204,802
Immersion (TPc) tonne/cm	29,203
MTc tonne.m	231,979
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	453,025
Max deck inclination deg	0,3
Trim angle (+ve by stern) deg	0,3

28. Contenedores en bodegas y cubierta, 10% consumos

Tanques de agua					
Tanque de agua dulce B	0%	0	-0,02	13,093	-6,611
Tanque de agua dulce E	15%	15,55	-0,556	11,875	5,915
Tanque de agua dulce destilada	10%	2,379	3,007	11,76	6,796
Total Tanques de Agua		17,93	-0,083	11,86	6,032
Tanques varios					
Tanque de aguas aceitosas	10%	1,535	10,072	0,346	0
Tanque de lodos	10%	2,684	14,482	7,197	-6,638
Tanque derrames	10%	2,284	13,294	0,194	0
Tanque de retorno	10%	3,376	18,495	0,152	0
Tanque de reboses	10%	0,788	26,371	0,35	-2,174
Total Tanques varios		10,67	15,741	1,976	-1,831
Tanques de aceites					
Tanque almacén aceite M.P.	10%	1,577	23,358	9,155	-9,674
Tanque almacén aceite MM.AA.	10%	0,822	23,357	11,742	9,914
Tanque de aceite sucio	10%	3,102	24,652	0,128	0
Total Tanques de aceite		5,5	24,087	4,451	-1,293
Tanques de D.O.					
Tanque almacén D.O. B	0%	0	24,669	11,677	-9,81
Tanque almacén D.O. E	0%	0	24,669	11,677	9,81
Tanque servicio diario D.O.	41%	11,67	16,483	10,126	-9,371
Total Tanques de D.O.		11,67	16,483	10,126	-9,371
Tanques de F.O.					
Tk. FO. Popa Er	30%	63,6	-0,633	14,85	5,077
Tk. FO. Popa Br	0%	0	-0,606	15,9	-5,082
Tk. FO. cub. pp. E.	0%	0	26,633	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pp. CE.	0%	0	26,633	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pp. CB.	0%	0	26,633	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pp. B.	0%	0	26,633	15,9	-9,375
Tk. FO. medio Er	0%	0	31,715	9,9	7
Tk. FO. medio C	0%	0	31,715	9,9	0
Tk. FO. medio Br	0%	0	31,715	9,9	-7
Tk. FO. alto Er	0%	0	31,715	12,9	7
Tk. FO. alto C	0%	0	31,715	12,9	0
Tk. FO. alto Br	0%	0	31,715	12,9	-7
Tk. FO. cub. pr. E.	0%	0	31,715	15,9	9,375
Tk. FO. cub. pr. CE	0%	0	31,715	15,9	3,125
Tk. FO. cub. pr. CB	0%	0	31,715	15,9	-3,125
Tk. FO. cub. pr. B	0%	0	31,715	15,9	-9,375

Tk. FO. bajo Er	0%	0	31,843	5,867	5,826
Tk. FO. bajo C	0%	0	31,715	4,95	0
Tk. FO. bajo Br	0%	0	31,843	5,867	-5,826
Tanque servicio diario F.O. B	100%	62,8	20,134	11,837	-11,159
Tanque servicio diario F.O. E	100%	35,23	20,098	13,023	11,254
Tanque sedimentación F.O. E	100%	52,4	27,943	11,4	9,6
Tanque sedimentación F.O. B	100%	52,4	27,943	11,4	-9,6
Total tanques de F.O.		266,4	18,242	12,541	0,068
Tanques de lastre					
Pique de popa					
pique de popa	100%	146,9	3,26	9,295	0
Anillo tanques de F.O.					
lastre tk. FO: bajo Er	100%	83,7	31,52	4,812	8,697
lastre tk. FO: bajo Br	100%	83,7	31,52	4,812	-8,697
lastre tk. FO: medio Er	100%	25,39	32,079	9,94	11,682
lastre tk. FO: medio Br	100%	25,39	32,079	9,94	-11,682
lastre tk. FO: alto Er	0%	0	32,032	12,908	11,741
lastre tk. FO: alto Br	0%	0	32,032	12,908	-11,741
1º Anillo de carga					
dfb1e	100%	247,3	44,402	0,825	4,155
dfb1b	100%	247,3	44,402	0,825	-4,155
lastreb1e	100%	224,3	43,449	4,704	10,705
lastreb1b	100%	224,3	43,449	4,704	-10,705
lastre e2b1e	100%	82,8	44,498	9,906	11,739
lastre e2b1b	100%	82,8	44,498	9,906	-11,739
lastre e1b1e	100%	83,9	44,435	12,901	11,749
lastre e1b1b	100%	83,9	44,435	12,901	-11,749
2º Anillo de carga					
dfb2e	100%	462,1	67,678	0,788	5,566
dfb2b	100%	462,1	67,678	0,788	-5,566
lastreb2e	100%	280,2	67,619	5,012	11,706
lastreb2b	100%	280,2	67,619	5,012	-11,706
lastre e2b2e	100%	125,8	67,634	9,901	11,748
lastre e2b2b	100%	125,8	67,634	9,901	-11,748
lastre e1b2e	0%	0	67,665	12,9	11,75
lastre e1b2b	0%	0	67,665	12,9	-11,75
3º Anillo de carga					
dfb3e	100%	316,4	93,713	0,814	4,077
dfb3b	100%	316,4	93,713	0,814	-4,077
lastreb3e	100%	354,6	96,343	4,691	9,649
lastreb3b	100%	354,6	96,343	4,691	-9,649
lastre e2b3e	100%	108,6	95,689	9,895	11,192
lastre e2b3b	100%	108,6	95,689	9,895	-11,192
lastre e1b3e	0%	0	94,994	12,922	11,573
lastre e1b3b	0%	0	94,994	12,922	-11,573

4º Anillo de carga					
dfb4e	100%	106,8	118,876	0,859	1,852
dfb4b	100%	106,8	118,876	0,859	-1,852
lastreb4e	100%	242,7	119,669	4,798	5,823
lastreb4b	100%	242,7	119,669	4,798	-5,823
lastre e2b4e	100%	75,1	119,532	9,881	8,264
lastre e2b4b	100%	75,1	119,532	9,881	-8,264
lastre e1b4e	0%	0	120,151	12,94	9,179
lastre e1b4b	0%	0	120,151	12,94	-9,179
5º Anillo de carga					
dfb5e	100%	64,5	134,992	2,053	1,267
dfb5b	100%	64,5	134,992	2,053	-1,267
lastreb5e	100%	44,82	135,127	5,705	3,141
lastreb5b	100%	44,82	135,127	5,705	-3,141
lastre e2b5e	100%	35,65	137,332	9,96	4,013
lastre e2b5b	100%	35,65	137,332	9,96	-4,013
lastre e1b5e	0%	0	137,218	12,929	5,359
lastre e1b5b	0%	0	137,218	12,929	-5,359
Empujador					
df empujador	100%	31,77	143,962	0,892	0
Pique de proa					
pique de proa	100%	259,7	152,57	7,151	0
Total Tanques de lastre		6368	80,796	4,458	0
Tanques de aceite vegetal					
b5e	0%	0	134,862	6,233	1,404
b5b	0%	0	134,862	6,233	-1,404
Total Tanques de aceite vegetal		0	0	0	0
Espacios de carga seca					
1º Anillo de carga					
b1e	1	120	44,8	5,1	5,1
b1b	1	120	44,8	5,1	-5,1
e2b1e	1	120	44,4	9,9	5,5
e2b1b	1	120	44,4	9,9	-5,5
e1b1e	1	120	44,2	13,1	5,5
e1b1b	1	120	44,2	13,1	-5,5
Escotilla 1e	1	240	42,88	18,541	5,4
Escotilla 1b	1	240	42,88	18,541	-5,4
2º Anillo de carga					
b2e	1	360	67,7	5	5,5
b2b	1	360	67,7	5	-5,5
e2b2e	1	180	67,7	9,9	5,5
e2b2b	1	180	67,7	9,9	-5,5
e1b2e	1	180	67,7	13,4	5,5

e1b2b	1	180	67,7	13,4	-5,5
Escotilla 2e	1	360	67,68	18,541	5,4
Escotilla 2b	1	360	67,68	18,541	-5,4
3º Anillo de carga					
b3e	1	200	94,5	5,2	4,6
b3b	1	200	94,5	5,2	-4,6
e2b3e	1	180	95,2	9,9	5,3
e2b3b	1	180	95,2	9,9	-5,3
e1b3e	1	180	95,5	13,4	5,5
e1b3b	1	180	95,5	13,4	-5,5
Escotilla 3e	1	360	95,58	18,541	5,4
Escotilla 3b	1	360	95,58	18,541	-5,4
4º Anillo de carga					
b4e	1	0	119	5,4	2,7
b4b	1	0	119	5,4	-2,7
e2b4e	1	60	119,4	9,9	3,9
e2b4b	1	60	119,4	9,9	-3,9
e1b4e	1	80	119,7	13,4	4,3
e1b4b	1	80	119,7	13,4	-4,3
Escotilla 4e	1	160	120,38	18,541	4,4
Escotilla 4b	1	160	120,38	18,541	-4,4
5º Anillo de carga					
e2b5e	0	0	136,5	10	1,9
e2b5b	0	0	136,5	10	-1,9
e1b5e	0	0	136,8	13	2,5
e1b5b	0	0	136,8	13	-2,5
Escotilla 5e	1	20	137,41	20,695	2,9
Escotilla 5b	1	20	137,41	20,695	-2,9
Superestructura					
SpE	1	20	148,1	16,2	1
SeB	1	20	148,1	16,2	-1
Total Espacios de carga seca		5.880	77,807	12,847	0
Peso del acero del casco					
Acero Casco	1	4.250	69,563	9,093	0
Cámara de máquinas					
Maquinaria propulsora (7S65ME-C	1	470	25,09	6,91	0
Equipo de bombas MP	1	15	25,09	4	0
Línea de ejes	1	42	9,51	3,8	0
Hélice	1	19	4,06	3,8	0
Tubería y valvulería	1	190	20,32	9,5	0
Caldera	1	20	11	13	0
Motores auxiliares y alternador	1	120	11,33	9,7	0
Grupo de emergencia	1	40	0	0	0
Compresores Generadores	1	5	10,43	9,21	0
Bombas de carga y lastre	1	25	23,5	9,2	0

Pisos, tecles, escaleras, etc.	1	100	19,23	7,2	0
Tubería de exhaustación	1	40	13,37	12,8	0
Purificadoras y calentadoras	1	6	29,32	10,23	0
Electricidad	1	35	19,23	7,2	0
Ventilación mecánica de la CM	1	18	19,23	7,2	0
Bombas casco, taller, etc.	1	25	18,45	12,63	0
Total Weight=		18.080	LCG=72,390 m	VCG=8,696 m	TGC=0 m

Draft Amidsh. m	7,653
Displacement tonne	18.080
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	7,206
Draft at AP m	8,1
Draft at LCF m	7,645
Trim (+ve by stern) m	0,894
WL Length m	152,901
WL Beam m	25,014
Wetted Area m^2	4.371,385
Waterpl. Area m^2	2.834,824
Prismatic Coeff.	0,606
Block Coeff.	0,573
Midship Area Coeff.	0,978
Waterpl. Area Coeff.	0,731
LCB from zero pt. m	72,367
LCF from zero pt. m	70,157
KB m	4,172
KG solid m	8,696
BMt m	6,738
BML m	201,747
GMt m	2,159
GML m	197,168
KMt m	10,909
KML m	205,918
Immersion (TPc) tonne/cm	29,057
MTc tonne.m	230,043
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	681,154
Max deck inclination deg	0,3
Trim angle (+ve by stern) deg	0,3

4-. ESTABILIDAD ESTÁTICA Y DINÁMICA

Se han analizado las situaciones de carga anteriores siguiendo los criterios expuestos en el apartado de metodología. En las tablas siguientes se muestran los resultados del estudio. En los casos de salida y llegada en lastre se ha realizado el estudio suponiendo un llenado de las bodegas número 3 a un 97% de su volumen. Esto se hace así para comprobar como a pesar del efecto de las superficies libres en el tanque de mayor manga el buque cumple con los requerimientos de estabilidad necesarios.

RESULTADOS DEL ESTUDIO DE ESTABILIDAD DEL BUQUE INTACTO

SITUACION DE CARGA						
Lastre. 100% consumos						
Area de la curva GZ hasta 30º	Área (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,509		0,055			SI
Area de la curva GZ hasta Xº	X (º)	Valor (m·rad)	Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	40	0,921	0,09			SI
Área de la curva GZ entre 30º y Xº	Diferencia (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,412		0,03			SI
GZ máximo	Ángulo (º)	Ángulo mín. (º)	Valor GZ (m)	Valor mín. GZ (m)		Cumple
	48,2	25	2,742	0.2		SI
GM0	Valor (m)		Valor mínimo requerido (m)			Cumple
	3,079		0,15			SI
Criterio de viento	Área lateral (m2)	Altura del centro de área (m)	Ángulo de equilibrio (º) inicial	Área A	Área B	Cumple
	1.925	12,48	0,20	1,565	-0,194	SI

SITUACION DE CARGA						
Lastre. 10% consumos						
Area de la curva GZ hasta 30º	Área (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,642		0,055			SI
Area de la curva GZ hasta Xº	X (º)	Valor (m·rad)	Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	40	1,153	0,09			SI
Área de la curva GZ entre 30º y Xº	Diferencia (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,511		0,03			SI
GZ máximo	Ángulo (º)	Ángulo mín. (º)	Valor GZ (m)	Valor mín. GZ (m)		Cumple
	52,7	25	3,555	0.2		SI
GM0	Valor (m)		Valor mínimo requerido (m)			Cumple
	4,088		0,15			SI
Criterio de viento	Área lateral (m2)	Altura del centro de área (m)	Ángulo de equilibrio (º) inicial	Área A	Área B	Cumple
	2.009	12,25	0,40	2,184	-0,259	SI

SITUACION DE CARGA						
Carga homogénea con contenedores en cubierta. 100% consumos						
Area de la curva GZ hasta 30º	Área (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,211		0,055			SI
Area de la curva GZ hasta Xº	X (º)	Valor (m·rad)	Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	40	0,307	0,09			SI
Área de la curva GZ entre 30º y Xº	Diferencia (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,095		0,03			SI
GZ máximo	Ángulo (º)	Ángulo mín. (º)	Valor GZ (m)	Valor mín. GZ (m)		Cumple
	33,6	25	0,748	0.2		SI
GM0	Valor (m)		Valor mínimo requerido (m)			Cumple
	1,446		0,15			SI
Criterio de viento	Área lateral (m2)	Altura del centro de área (m)	Ángulo de equilibrio (º) inicial	Área A	Área B	Cumple
	1.432	13,70	0,90	0,306	-0,095	SI

SITUACION DE CARGA						
Carga homogénea con contenedores en cubierta. 10% consumos						
Area de la curva GZ hasta 30º	Área (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,279		0,055			SI
Area de la curva GZ hasta Xº	X (º)	Valor (m·rad)	Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	40	0,448	0,09			SI
Área de la curva GZ entre 30º y Xº	Diferencia (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,168		0,03			SI
GZ máximo	Ángulo (º)	Ángulo mín. (º)	Valor GZ (m)	Valor mín. GZ (m)		Cumple
	38,7	25	1,100	0.2		SI
GM0	Valor (m)		Valor mínimo requerido (m)			Cumple
	1,901		0,15			SI
Criterio de viento	Área lateral (m2)	Altura del centro de área (m)	Ángulo de equilibrio (º) inicial	Área A	Área B	Cumple
	1.469	13,62	0,80	0,447	-0,123	SI

SITUACION DE CARGA						
Carga homogénea. 100% consumos						
Area de la curva GZ hasta 30º	Área (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,309		0,055			SI
Area de la curva GZ hasta Xº	X (º)	Valor (m·rad)	Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	40	0,462	0,09			SI
Área de la curva GZ entre 30º y Xº	Diferencia (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,153		0,03			SI
GZ máximo	Ángulo (º)	Ángulo mín. (º)	Valor GZ (m)	Valor mín. GZ (m)		Cumple
	38,7	25	1,180	0.2		SI
GM0	Valor (m)		Valor mínimo requerido (m)			Cumple
	2,051		0,15			SI
Criterio de viento	Área lateral (m2)	Altura del centro de área (m)	Ángulo de equilibrio (º) inicial	Área A	Área B	Cumple
	1.133	13,40	-0,20	0,462	-0,123	SI

SITUACION DE CARGA						
Carga homogénea. 10% consumos						
Area de la curva GZ hasta 30º	Área (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,344		0,055			SI
Area de la curva GZ hasta Xº	X (º)	Valor (m·rad)	Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	40	0,589	0,09			SI
Área de la curva GZ entre 30º y Xº	Diferencia (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,245		0,03			SI
GZ máximo	Ángulo (º)	Ángulo mín. (º)	Valor GZ (m)	Valor mín. GZ (m)		Cumple
	41,1	25	1,475	0.2		SI
GM0	Valor (m)		Valor mínimo requerido (m)			Cumple
	2,331		0,15			SI
Criterio de viento	Área lateral (m2)	Altura del centro de área (m)	Ángulo de equilibrio (º) inicial	Área A	Área B	Cumple
	1.184	13,26	0,50	0,615	-0,149	SI

SITUACION DE CARGA						
Carga homogénea 1,25 T/m3. 100% consumos						
Area de la curva GZ hasta 30º	Área (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,372		0,055			SI
Area de la curva GZ hasta Xº	X (º)	Valor (m·rad)	Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	40	0,546	0,09			SI
Área de la curva GZ entre 30º y Xº	Diferencia (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,174		0,03			SI
GZ máximo	Ángulo (º)	Ángulo mín. (º)	Valor GZ (m)	Valor mín. GZ (m)		Cumple
	40	25	1,425	0.2		SI
GM0	Valor (m)		Valor mínimo requerido (m)			Cumple
	2,569		0,15			SI
Criterio de viento	Área lateral (m2)	Altura del centro de área (m)	Ángulo de equilibrio (º) inicial	Área A	Área B	Cumple
	1.090	13,52	-0,20	0,546	-0,154	SI

SITUACION DE CARGA						
Carga homogénea 1,25 T/m3. 10% consumos						
Area de la curva GZ hasta 30º	Área (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,437		0,055			SI
Area de la curva GZ hasta Xº	X (º)	Valor (m·rad)	Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	40	0,754	0,09			SI
Área de la curva GZ entre 30º y Xº	Diferencia (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,317		0,03			SI
GZ máximo	Ángulo (º)	Ángulo mín. (º)	Valor GZ (m)	Valor mín. GZ (m)		Cumple
	45,5	25	1,969	0.2		SI
GM0	Valor (m)		Valor mínimo requerido (m)			Cumple
	2,963		0,15			SI
Criterio de viento	Área lateral (m2)	Altura del centro de área (m)	Ángulo de equilibrio (º) inicial	Área A	Área B	Cumple
	1.214	13,18	0,20	0,821	-0,183	SI

SITUACION DE CARGA						
Carga homogénea 1,40 T/m3. 100% consumos						
Area de la curva GZ hasta 30º	Área (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,319		0,055			SI
Area de la curva GZ hasta Xº	X (º)	Valor (m·rad)	Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	40	0,471	0,09			SI
Área de la curva GZ entre 30º y Xº	Diferencia (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,152		0,03			SI
GZ máximo	Ángulo (º)	Ángulo mín. (º)	Valor GZ (m)	Valor mín. GZ (m)		Cumple
	38,7	25	1,188	0.2		SI
GM0	Valor (m)		Valor mínimo requerido (m)			Cumple
	2,158		0,15			SI
Criterio de viento	Área lateral (m2)	Altura del centro de área (m)	Ángulo de equilibrio (º) inicial	Área A	Área B	Cumple
	1.101	13,49	-0,20	0,471	-0,129	SI

SITUACION DE CARGA						
Carga homogénea 1,40 T/m3. 10% consumos						
Area de la curva GZ hasta 30º	Área (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,366		0,055			SI
Area de la curva GZ hasta Xº	X (º)	Valor (m·rad)	Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	40	0,628	0,09			SI
Área de la curva GZ entre 30º y Xº	Diferencia (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,262		0,03			SI
GZ máximo	Ángulo (º)	Ángulo mín. (º)	Valor GZ (m)	Valor mín. GZ (m)		Cumple
	42,5	25	1,586	0.2		SI
GM0	Valor (m)		Valor mínimo requerido (m)			Cumple
	2,484		0,15			SI
Criterio de viento	Área lateral (m2)	Altura del centro de área (m)	Ángulo de equilibrio (º) inicial	Área A	Área B	Cumple
	1.193	13,24	0,50	0,662	-0,159	SI

SITUACION DE CARGA						
Carga homogénea 1,55 T/m3. 100% consumos						
Area de la curva GZ hasta 30º	Área (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,291		0,055			SI
Area de la curva GZ hasta Xº	X (º)	Valor (m·rad)	Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	40	0,474	0,09			SI
Área de la curva GZ entre 30º y Xº	Diferencia (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,183		0,03			SI
GZ máximo	Ángulo (º)	Ángulo mín. (º)	Valor GZ (m)	Valor mín. GZ (m)		Cumple
	38,8	25	1,194	0.2		SI
GM0	Valor (m)		Valor mínimo requerido (m)			Cumple
	1,961		0,15			SI
Criterio de viento	Área lateral (m2)	Altura del centro de área (m)	Ángulo de equilibrio (º) inicial	Área A	Área B	Cumple
	1.177	13,28	0,50	0,474	-0,126	SI

SITUACION DE CARGA						
Carga homogénea 1,55 T/m3. 10% consumos						
Area de la curva GZ hasta 30º	Área (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,397		0,055			SI
Area de la curva GZ hasta Xº	X (º)	Valor (m·rad)	Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	40	0,674	0,09			SI
Área de la curva GZ entre 30º y Xº	Diferencia (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,277		0,03			SI
GZ máximo	Ángulo (º)	Ángulo mín. (º)	Valor GZ (m)	Valor mín. GZ (m)		Cumple
	44	25	1,702	0.2		SI
GM0	Valor (m)		Valor mínimo requerido (m)			Cumple
	2,755		0,15			SI
Criterio de viento	Área lateral (m2)	Altura del centro de área (m)	Ángulo de equilibrio (º) inicial	Área A	Área B	Cumple
	1.158	13,34	0,40	0,674	-0,175	SI

SITUACION DE CARGA						
Carga homogénea 1,80 T/m3. 100% consumos						
Area de la curva GZ hasta 30º	Área (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,347		0,055			SI
Area de la curva GZ hasta Xº	X (º)	Valor (m·rad)	Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	40	0,597	0,09			SI
Área de la curva GZ entre 30º y Xº	Diferencia (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,25		0,03			SI
GZ máximo	Ángulo (º)	Ángulo mín. (º)	Valor GZ (m)	Valor mín. GZ (m)		Cumple
	40,3	25	1,503	0.2		SI
GM0	Valor (m)		Valor mínimo requerido (m)			Cumple
	2,230		0,15			SI
Criterio de viento	Área lateral (m2)	Altura del centro de área (m)	Ángulo de equilibrio (º) inicial	Área A	Área B	Cumple
	1.240	13,10	-0,10	0,628	-0,133	SI

SITUACION DE CARGA						
Carga homogénea 1,80 T/m3. 10% consumos						
Area de la curva GZ hasta 30º	Área (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,37		0,055			SI
Area de la curva GZ hasta Xº	X (º)	Valor (m·rad)	Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	40	0,667	0,09			SI
Área de la curva GZ entre 30º y Xº	Diferencia (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,297		0,03			SI
GZ máximo	Ángulo (º)	Ángulo mín. (º)	Valor GZ (m)	Valor mín. GZ (m)		Cumple
	44,5	25	1,861	0.2		SI
GM0	Valor (m)		Valor mínimo requerido (m)			Cumple
	2,363		0,15			SI
Criterio de viento	Área lateral (m2)	Altura del centro de área (m)	Ángulo de equilibrio (º) inicial	Área A	Área B	Cumple
	1.391	12,67	0,40	0,945	-0,147	SI

SITUACION DE CARGA						
Tanques de aceite vacíos, carga homogénea. 100% consumos						
Area de la curva GZ hasta 30º	Área (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,295		0,055			SI
Area de la curva GZ hasta Xº	X (º)	Valor (m·rad)	Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	40	0,442	0,09			SI
Área de la curva GZ entre 30º y Xº	Diferencia (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,147		0,03			SI
GZ máximo	Ángulo (º)	Ángulo mín. (º)	Valor GZ (m)	Valor mín. GZ (m)		Cumple
	38,7	25	1,124	0.2		SI
GM0	Valor (m)		Valor mínimo requerido (m)			Cumple
	2,073		0,15			SI
Criterio de viento	Área lateral (m2)	Altura del centro de área (m)	Ángulo de equilibrio (º) inicial	Área A	Área B	Cumple
	1.105	13,48	0,60	0,442	-0,134	SI

SITUACION DE CARGA						
Tanques de aceite vacíos, carga homogénea. 10% consumos						
Area de la curva GZ hasta 30º	Área (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,393		0,055			SI
Area de la curva GZ hasta Xº	X (º)	Valor (m·rad)	Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	40	0,624	0,09			SI
Área de la curva GZ entre 30º y Xº	Diferencia (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,231		0,03			SI
GZ máximo	Ángulo (º)	Ángulo mín. (º)	Valor GZ (m)	Valor mín. GZ (m)		Cumple
	43,5	25	1,623	0.2		SI
GM0	Valor (m)		Valor mínimo requerido (m)			Cumple
	2,770		0,15			SI
Criterio de viento	Área lateral (m2)	Altura del centro de área (m)	Ángulo de equilibrio (º) inicial	Área A	Área B	Cumple
	1.117	13,45	0,40	0,624	-0,176	SI

SITUACION DE CARGA						
Tanques de aceite vacíos, carga homogénea, contenedores en cubierta. 100% consumos						
Area de la curva GZ hasta 30º	Área (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,181		0,055			SI
Area de la curva GZ hasta Xº	X (º)	Valor (m·rad)	Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	40	0,268	0,09			SI
Área de la curva GZ entre 30º y Xº	Diferencia (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,087		0,03			SI
GZ máximo	Ángulo (º)	Ángulo mín. (º)	Valor GZ (m)	Valor mín. GZ (m)		Cumple
	32,4	25	0,628	0.2		SI
GM0	Valor (m)		Valor mínimo requerido (m)			Cumple
	1,210		0,15			SI
Criterio de viento	Área lateral (m2)	Altura del centro de área (m)	Ángulo de equilibrio (º) inicial	Área A	Área B	Cumple
	1.436	13,70	1,10	0,267	-0,08	SI

SITUACION DE CARGA						
Tanques de aceite vacíos, carga homogénea, contenedores en cubierta. 10% consumos						
Area de la curva GZ hasta 30º	Área (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,225		0,055			SI
Area de la curva GZ hasta Xº	X (º)	Valor (m·rad)	Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	40	0,383	0,09			SI
Área de la curva GZ entre 30º y Xº	Diferencia (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,158		0,03			SI
GZ máximo	Ángulo (º)	Ángulo mín. (º)	Valor GZ (m)	Valor mín. GZ (m)		Cumple
	38,3	25	0,925	0.2		SI
GM0	Valor (m)		Valor mínimo requerido (m)			Cumple
	1,438		0,15			SI
Criterio de viento	Área lateral (m2)	Altura del centro de área (m)	Ángulo de equilibrio (º) inicial	Área A	Área B	Cumple
	1.525	13,49	1,10	0,403	-0,095	SI

SITUACION DE CARGA						
Tanques de aceite vacíos, carga homogénea 1,25 T/m3. 100% consumos						
Area de la curva GZ hasta 30º	Área (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,348		0,055			SI
Area de la curva GZ hasta Xº	X (º)	Valor (m·rad)	Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	40	0,527	0,09			SI
Área de la curva GZ entre 30º y Xº	Diferencia (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,179		0,03			SI
GZ máximo	Ángulo (º)	Ángulo mín. (º)	Valor GZ (m)	Valor mín. GZ (m)		Cumple
	39,7	25	1,359	0.2		SI
GM0	Valor (m)		Valor mínimo requerido (m)			Cumple
	2,458		0,15			SI
Criterio de viento	Área lateral (m2)	Altura del centro de área (m)	Ángulo de equilibrio (º) inicial	Área A	Área B	Cumple
	1.098	13,50	0,40	0,527	-0,155	SI

SITUACION DE CARGA						
Tanques de aceite vacíos, carga homogénea 1,25 T/m3. 10% consumos						
Area de la curva GZ hasta 30º	Área (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,441		0,055			SI
Area de la curva GZ hasta Xº	X (º)	Valor (m·rad)	Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	40	0,741	0,09			SI
Área de la curva GZ entre 30º y Xº	Diferencia (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,3		0,03			SI
GZ máximo	Ángulo (º)	Ángulo mín. (º)	Valor GZ (m)	Valor mín. GZ (m)		Cumple
	45,5	25	1,919	0.2		SI
GM0	Valor (m)		Valor mínimo requerido (m)			Cumple
	3,096		0,15			SI
Criterio de viento	Área lateral (m2)	Altura del centro de área (m)	Ángulo de equilibrio (º) inicial	Área A	Área B	Cumple
	1.146	13,37	0,40	0,74	-0,196	SI

SITUACION DE CARGA						
Tanques de aceite vacíos, carga homogénea 1,40 T/m3. 100% consumos						
Area de la curva GZ hasta 30º	Área (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,317		0,055			SI
Area de la curva GZ hasta Xº	X (º)	Valor (m·rad)	Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	40	0,464	0,09			SI
Área de la curva GZ entre 30º y Xº	Diferencia (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,147		0,03			SI
GZ máximo	Ángulo (º)	Ángulo mín. (º)	Valor GZ (m)	Valor mín. GZ (m)		Cumple
	38,8	25	1,217	0.2		SI
GM0	Valor (m)		Valor mínimo requerido (m)			Cumple
	2,241		0,15			SI
Criterio de viento	Área lateral (m2)	Altura del centro de área (m)	Ángulo de equilibrio (º) inicial	Área A	Área B	Cumple
	1.100	13,49	0,50	0,464	-0,143	SI

SITUACION DE CARGA						
Tanques de aceite vacíos, carga homogénea 1,40 T/m3. 10% consumos						
Area de la curva GZ hasta 30º	Área (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,37		0,055			SI
Area de la curva GZ hasta Xº	X (º)	Valor (m·rad)	Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	40	0,641	0,09			SI
Área de la curva GZ entre 30º y Xº	Diferencia (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,271		0,03			SI
GZ máximo	Ángulo (º)	Ángulo mín. (º)	Valor GZ (m)	Valor mín. GZ (m)		Cumple
	43	25	1,655	0.2		SI
GM0	Valor (m)		Valor mínimo requerido (m)			Cumple
	2,498		0,15			SI
Criterio de viento	Área lateral (m2)	Altura del centro de área (m)	Ángulo de equilibrio (º) inicial	Área A	Área B	Cumple
	1.223	13,15	0,50	0,708	-0,159	SI

SITUACION DE CARGA						
Tanques de aceite vacíos, carga homogénea 1,55 T/m3. 100% consumos						
Area de la curva GZ hasta 30º	Área (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,297		0,055			SI
Area de la curva GZ hasta Xº	X (º)	Valor (m·rad)	Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	40	0,483	0,09			SI
Área de la curva GZ entre 30º y Xº	Diferencia (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,186		0,03			SI
GZ máximo	Ángulo (º)	Ángulo mín. (º)	Valor GZ (m)	Valor mín. GZ (m)		Cumple
	38,8	25	1,199	0.2		SI
GM0	Valor (m)		Valor mínimo requerido (m)			Cumple
	2,017		0,15			SI
Criterio de viento	Área lateral (m2)	Altura del centro de área (m)	Ángulo de equilibrio (º) inicial	Área A	Área B	Cumple
	1.157	13,34	0,50	0,483	-0,129	SI

SITUACION DE CARGA						
Tanques de aceite vacíos, carga homogénea 1,55 T/m3. 10% consumos						
Area de la curva GZ hasta 30º	Área (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,352		0,055			SI
Area de la curva GZ hasta Xº	X (º)	Valor (m·rad)	Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	40	0,622	0,09			SI
Área de la curva GZ entre 30º y Xº	Diferencia (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,269		0,03			SI
GZ máximo	Ángulo (º)	Ángulo mín. (º)	Valor GZ (m)	Valor mín. GZ (m)		Cumple
	43	25	1,653	0.2		SI
GM0	Valor (m)		Valor mínimo requerido (m)			Cumple
	2,329		0,15			SI
Criterio de viento	Área lateral (m2)	Altura del centro de área (m)	Ángulo de equilibrio (º) inicial	Área A	Área B	Cumple
	1.278	13,00	0,60	0,746	-0,15	SI

SITUACION DE CARGA						
Tanques de aceite vacíos, carga homogénea 1,80 T/m3. 100% consumos						
Area de la curva GZ hasta 30º	Área (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,3		0,055			SI
Area de la curva GZ hasta Xº	X (º)	Valor (m·rad)	Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	40	0,525	0,09			SI
Área de la curva GZ entre 30º y Xº	Diferencia (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,224		0,03			SI
GZ máximo	Ángulo (º)	Ángulo mín. (º)	Valor GZ (m)	Valor mín. GZ (m)		Cumple
	39,4	25	1,346	0.2		SI
GM0	Valor (m)		Valor mínimo requerido (m)			Cumple
	1,964		0,15			SI
Criterio de viento	Área lateral (m2)	Altura del centro de área (m)	Ángulo de equilibrio (º) inicial	Área A	Área B	Cumple
	1.254	13,06	0,60	0,577	-0,126	SI

SITUACION DE CARGA						
Tanques de aceite vacíos, carga homogénea 1,80 T/m3. 10% consumos						
Area de la curva GZ hasta 30º	Área (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,323		0,055			SI
Area de la curva GZ hasta Xº	X (º)	Valor (m·rad)	Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	40	0,594	0,09			SI
Área de la curva GZ entre 30º y Xº	Diferencia (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,271		0,03			SI
GZ máximo	Ángulo (º)	Ángulo mín. (º)	Valor GZ (m)	Valor mín. GZ (m)		Cumple
	44	25	1,694	0.2		SI
GM0	Valor (m)		Valor mínimo requerido (m)			Cumple
	2,046		0,15			SI
Criterio de viento	Área lateral (m2)	Altura del centro de área (m)	Ángulo de equilibrio (º) inicial	Área A	Área B	Cumple
	1.441	12,53	0,90	0,903	-0,133	SI

SITUACION DE CARGA						
Contenedores. 100% consumos						
Area de la curva GZ hasta 30º	Área (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,233		0,055			SI
Area de la curva GZ hasta Xº	X (º)	Valor (m·rad)	Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	40	0,444	0,09			SI
Área de la curva GZ entre 30º y Xº	Diferencia (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,211		0,03			SI
GZ máximo	Ángulo (º)	Ángulo mín. (º)	Valor GZ (m)	Valor mín. GZ (m)		Cumple
	41,6	25	1,302	0.2		SI
GM0	Valor (m)		Valor mínimo requerido (m)			Cumple
	1,372		0,15			SI
Criterio de viento	Área lateral (m2)	Altura del centro de área (m)	Ángulo de equilibrio (º) inicial	Área A	Área B	Cumple
	1.867	12,64	1,90	0,722	-0,091	SI

SITUACION DE CARGA						
Contenedores. 10% consumos						
Area de la curva GZ hasta 30º	Área (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,335		0,055			SI
Area de la curva GZ hasta Xº	X (º)	Valor (m·rad)	Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	40	0,623	0,09			SI
Área de la curva GZ entre 30º y Xº	Diferencia (m·rad)		Valor mínimo requerido (m·rad)			Cumple
	0,288		0,03			SI
GZ máximo	Ángulo (º)	Ángulo mín. (º)	Valor GZ (m)	Valor mín. GZ (m)		Cumple
	45	25	1,844	0.2		SI
GM0	Valor (m)		Valor mínimo requerido (m)			Cumple
	2,120		0,15			SI
Criterio de viento	Área lateral (m2)	Altura del centro de área (m)	Ángulo de equilibrio (º) inicial	Área A	Área B	Cumple
	1.884	12,59	1,30	1,054	-0,137	SI

5-. RESISTENCIA LONGITUDINAL

En este apartado se estudiarán los esfuerzos a los que se verá sometida la estructura del buque. Estos esfuerzos son los que sirven de base para el cálculo de los escantillones de la cuaderna maestra del buque.

Se adjuntan las curvas de cargas del buque que han sido obtenidas con el software de diseño naval Hydromax. De las mismas hemos obtenido los valores máximos de esfuerzos cortantes y momentos flectores a los que se verá sometida la estructura en aguas tranquilas. Estos valores son los que nos han servido de base para calcular los escantillones de la cuaderna maestra.

Aunque aquí se muestran los resultados finales, lo que se ha hecho ha sido un ciclo iterativo que ha consistido en:

a. Estimar un valor para el peso de acero del buque por el método de las superficies.
b. Calcular los esfuerzos a los que está sometida la estructura.
c. Volver a estimar el peso del acero por el método de escantillonado de la cuaderna maestra.
d. Calcular los nuevos esfuerzos.
e. Calcular los nuevos escantillones.

Este proceso se ha repetido tres veces.

A continuación se muestran, para cada una de las condiciones de carga, los valores máximos obtenidos de momentos flectores y esfuerzos cortantes. En el Anexo II se muestran las curvas correspondientes.

El convenio de signos para los esfuerzos especificados es el siguiente:

- Momentos flectores:
  - – indica Arrufo
  - + indica Quebranto

- Esfuerzos cortantes:
  - – indica Esfuerzo en popa de la sección hacia abajo
  - + indica Esfuerzo en popa de la sección hacia arriba

Condición de carga	**$Mf_{máx.}$ (kN·m)**	**$Q_{máx}$ (kN)**
Lastre, 100% consumos.	661.453,7	-21.563
Lastre 10% consumos.	462.372,9	18.866
Carga homogénea, 100% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.	469.469,8	-10.474
Carga homogénea, 10% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.	662.214,8	-22.291
Carga homogénea con contenedores en cubierta, 100% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.	418.024,2	-10.268
Carga homogénea con contenedores en cubierta, 10% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.	-72.589,3	10.307
Carga homogénea 1,25 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.	287.304,5	-9.787
Carga homogénea 1,25 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.	-115.976,0	6.950
Carga homogénea 1,40 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.	423.403,3	-10.091
Carga homogénea 1,40 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.	88.020,1	7.293
Carga homogénea 1,55 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.	530.937,7	-11.946
Carga homogénea 1,55 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.	125.909,8	8.991
Carga homogénea 1,80 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.	566.501,0	-14.724
Carga homogénea 1,80 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.	277.282,4	-8.059
Carga homogénea, 100% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.	524.587,6	-11.534

Condición de carga	**$Mf_{máx.}$ (kN·m)**	**$Q_{máx}$ (kN)**
Carga homogénea, 10% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.	-84.515,8	10.670
Carga homogénea con contenedores en cubierta, 100% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.	517.980,5	-11.249
Carga homogénea con contenedores en cubierta, 10% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.	159.411,8	7.166
Carga homogénea 1,25 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.	301.675,1	-10.631
Carga homogénea 1,25 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.	-194.435,3	9.286
Carga homogénea 1,40 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.	341.920,7	9.404
Carga homogénea 1,40 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.	67.779,5	8.383
Carga homogénea 1,55 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.	540.999,0	-12.270
Carga homogénea 1,55 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.	211.210,9	-6.518
Carga homogénea 1,80 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.	663.257,3	-16.118
Carga homogénea 1,80 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.	282.003,9	-8.736
Contenedores en bodegas y cubierta, 100% consumos.	598.511,0	-22.361
Contenedores en bodegas y cubierta, 10% consumos.	344.031,2	-10.798

Los valores máximos están resaltados en la tabla y son los que nos han servido de base para el escantillonado de la cuaderna maestra. Estos valores son:

- Momento flector máximo: 663.257,3 kN·m (Quebranto)
- Esfuerzo cortante máximo: -22.361 kN.

- Condiciones de carga:
  - Momento flector: “Carga homogénea 1,80 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos”.
  - Esfuerzo cortante: “Contenedores en bodegas y cubierta, 100% consumos.”
- Cuadernas donde se producen estos esfuerzos máximos:
  - Momento flector: cuaderna 117
  - Esfuerzo cortante: cuaderna 54

El esfuerzo cortante máximo se produce en la unión de la cámara de máquinas con la zona de carga. Esto es lógico ya que tenemos una zona de poco empuje y mucho peso (cámara de máquinas) que, además, soporta el peso de los consumibles, unida a otra en la que ocurre justo lo contrario. Por su parte, el momento flector máximo se produce en la zona central ya que hay que lastrar la proa del buque para conseguir los calados necesarios. Esto hace que la viga del buque se encuentre sometida a grandes cargas hacia abajo en los extremos y a una carga hacia arriba en el centro que es el empuje.

6-. ESTUDIO DE AVERÍAS

En este apartado se estudiará el comportamiento del buque en averías y el cumplimiento de lo dispuesto en SOLAS Capítulo II Parte B-1 Regla 25.

En la citada regla se define el índice de compartimentación requerido para el buque, R, como:

$$R = \left(0{,}002 + 0{,}0009 \cdot Ls\right)^{0{,}333}$$

Donde:

- Ls es la “eslora de compartimentación”, que se define como la proyección, sobre el plano base, de la eslora del buque en, o por debajo de la cubierta o cubiertas que limitan la inundación del buque.

Y el índice de subdivisión, A, como:

$$A = \sum_i p_i \cdot s_i$$

Donde:

- "i" representa cada compartimento o grupo de compartimentos en consideración.
- "p_i" es la probabilidad de que el compartimento o grupo de compartimentos se inunden, sin tener en cuenta las subdivisiones horizontales.
- "s_i" es la probabilidad de sobrevivir tras la inundación del compartimento o grupo de compartimentos en cuestión, teniendo en cuenta los efectos de las superficies horizontales que los limitan.

Para el cálculo detallado de los distintos operadores remitimos al lector al mencionado capítulo del SOLAS. Baste decir que para los cálculos son necesarios los siguientes elementos:

- Abscisas de los puntos que limitan la inundación en sentido longitudinal, x_1 y x_2, cuyo origen tomaremos en la perpendicular de popa.
- Altura de la superficie horizontal que limita la inundación en el sentido vertical con origen en la línea base, H.
- Momento adrizante máximo dentro del "rango", $GZ_{máx}$, hasta un límite de 0,1m.
- Angulo a partir del punto de equilibrio en avería en que se produce $GZ_{máx}$ con un máximo de 20º o hasta la primera abertura no estanca, "rango".

El código dice que para que la subdivisión sea correcta el índice A debe ser mayor que R.

En el presente caso vamos a suponer averías lo suficientemente desfavorables, para que engloben los casos de averías menores.

La condición de carga elegida para este estudio es la de carga homogénea con un factor de estiba de 1,80 m^3/t con los tanques de aceites vegetales llenos ya que es la de mayor calado.

Las averías estudiadas son las siguientes:

- Inundación de la cámara de máquinas.
- Choque frontal, inundación del pique de popa.
- Embarrancamiento, inundación de los tanques de doble fondo de estribor en toda la zona de bodegas y empujador.
- Choque lateral, inundación del costado de estribor comprendiendo el 2º y 3º anillos de carga. Estos anillos son los de mayor extensión. Esta avería implica la destrucción del mamparo que separa las bodegas 2 y 3 y afectará a los tanques de lastre de dicha zona desde el doble fondo hasta la cubierta principal y a las bodegas 2 y 3 en estribor.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los cálculos llevados a cabo:

Avería	Ls (m)	R	x_1 (m)	x_2 (m)	H (m)	Angulo de equilibrio (º)	$GZ_{máx}$ (m)	rango (º)	A	A>R
Inundación CMM	152,4	0,518	6,000	28,925	14,4	5,05	0,1	0 - 20	0,520	SI
Choque frontal	152,4	0,518	146,639	158,298	14,4	4,97	0,1	0 - 20	0,519	SI
Embarran-camiento	152,4	0,518	35,125	146,725	1,5	3,67	0,1	0 - 20	0,519	SI
Choque lateral	152,4	0,518	53,730	109,540	14,4	2,80	0,09	0 - 20	0,519	SI

7-. BIBLIOGRAFÍA

- El proyecto básico del buque mercante. R. Alvariño, J.J. Azpíroz, M. Meizoso
- Apuntes de Construcción Naval II. ETSIN

ANEXO I:

FACTORES DE ESTIBA

TPM	20.000	t
Capacidad fuel	2.800	m^3
Peso aceites vegetales	192,4	t
FC calculado	1,46	m^3/t

	Capacidad sin hierros	Factor de estiba (m^3/t)						
		1,25	1,4	1,55	1,8	1,48	1,46	1,70
1º Anillo de carga								+Contenedores
b1e	1.456,8	1.165,4	1.040,6	939,9	809,3	984,3	999,5	857,6
b1b	1.456,8	1.165,4	1.040,6	939,9	809,3	984,3	999,5	857,6
e2b1e	701,8	561,4	501,3	452,8	389,9	474,2	481,5	413,1
e2b1b	701,8	561,4	501,3	452,8	389,9	474,2	481,5	413,1
e1b1e	701,8	561,4	501,3	452,8	389,9	474,2	481,5	413,1
e1b1b	701,8	561,4	501,3	452,8	389,9	474,2	481,5	413,1
Escotilla 1e	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Escotilla 1b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2º Anillo de carga								
b2e	2.071,5	1.657,2	1.479,7	1.336,5	1.150,8	1.399,7	1.421,2	1.219,5
b2b	2.071,6	1.657,2	1.479,7	1.336,5	1.150,9	1.399,7	1.421,3	1.219,5
e2b2e	902,3	721,8	644,5	582,1	501,3	609,7	619,0	531,2
e2b2b	902,3	721,8	644,5	582,1	501,3	609,7	619,0	531,2
e1b2e	902,3	721,8	644,5	582,1	501,3	609,7	619,0	531,2
e1b2b	902,3	721,8	644,5	582,1	501,3	609,7	619,0	531,2
Escotilla 2e	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Escotilla 2b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3º Anillo de carga								
b3e	1.685,7	1.348,6	1.204,1	1.087,6	936,5	1.139,0	1.156,5	992,4
b3b	1.685,7	1.348,6	1.204,1	1.087,6	936,5	1.139,0	1.156,5	992,4
e2b3e	868,5	694,8	620,4	560,3	482,5	586,8	595,9	511,3

e2b3b	868,5	694,8	620,4	560,3	482,5	586,8	595,9	511,3
e1b3e	894,2	715,4	638,7	576,9	496,8	604,2	613,5	526,4
e1b3b	894,2	715,4	638,7	576,9	496,8	604,2	613,5	526,4
Escotilla 3e	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Escotilla 3b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4º Anillo de carga								
b4e	726,9	581,5	519,2	468,9	403,8	491,1	498,7	427,9
b4b	726,9	581,5	519,2	468,9	403,8	491,1	498,7	427,9
e2b4e	480,9	384,7	343,5	310,2	267,1	324,9	329,9	283,1
e2b4b	480,9	384,7	343,5	310,2	267,1	324,9	329,9	283,1
e1b4e	544,1	435,3	388,7	351,0	302,3	367,6	373,3	320,3
e1b4b	544,1	435,3	388,7	351,0	302,3	367,6	373,3	320,3
Escotilla 4e	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Escotilla 4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5º Anillo de carga								
e2b5e	127,0	101,6	90,7	81,9	70,5	85,8	87,1	74,8
e2b5b	127,0	101,6	90,7	81,9	70,5	85,8	87,1	74,8
e1b5e	171,7	137,4	122,7	110,8	95,4	116,0	117,8	101,1
e1b5b	171,7	137,4	122,7	110,8	95,4	116,0	117,8	101,1
Escotilla 5e	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Escotilla 5b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Superestructura								
SpE	273,0	218,4	195,0	176,1	151,7	184,4	187,3	160,7
SeB	273,0	218,4	195,0	176,1	151,7	184,4	187,3	160,7
Sumas	25.016,8	20.013,4	17.869,1	16.139,9	13.898,2	16.903,2	17.163,6	14.727,6
	m^3	t	t	t	t	t	t	t

TPM lleno	27.853,2	22.849,9	20.705,6	18.976,3	16.734,7	19.739,7	20.000,0	17.564,0

Jesús Enrique Terciado Terciado
Antonio Villalba Herreros

TPM	20.000	t
Capacidad fuel	2.800	m^3
Peso aceites vegetales	0,0	t
FC calculado	1,44	m^3/t

	Capacidad sin hierros	Factor de estiba (m^3/t)						
		1,25	1,4	1,55	1,8	1,48	1,44	1,66
1º Anillo de carga								+Contenedores
b1e	1.456,8	1.165,4	1.040,6	939,9	809,3	984,3	1010,7	877,9
b1b	1.456,8	1.165,4	1.040,6	939,9	809,3	984,3	1010,7	877,9
e2b1e	701,8	561,4	501,3	452,8	389,9	474,2	486,9	422,9
e2b1b	701,8	561,4	501,3	452,8	389,9	474,2	486,9	422,9
e1b1e	701,8	561,4	501,3	452,8	389,9	474,2	486,9	422,9
e1b1b	701,8	561,4	501,3	452,8	389,9	474,2	486,9	422,9
Escotilla 1e	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Escotilla 1b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2º Anillo de carga								
b2e	2.071,5	1.657,2	1.479,7	1.336,5	1.150,8	1.399,7	1.437,2	1.248,4
b2b	2.071,6	1.657,2	1.479,7	1.336,5	1.150,9	1.399,7	1.437,2	1.248,4
e2b2e	902,3	721,8	644,5	582,1	501,3	609,7	626,0	543,7
e2b2b	902,3	721,8	644,5	582,1	501,3	609,7	626,0	543,7
e1b2e	902,3	721,8	644,5	582,1	501,3	609,7	626,0	543,7
e1b2b	902,3	721,8	644,5	582,1	501,3	609,7	626,0	543,7
Escotilla 2e	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Escotilla 2b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3º Anillo de carga								
b3e	1.685,7	1.348,6	1.204,1	1.087,6	936,5	1.139,0	1.169,5	1.015,9
b3b	1.685,7	1.348,6	1.204,1	1.087,6	936,5	1.139,0	1.169,5	1.015,9
e2b3e	868,5	694,8	620,4	560,3	482,5	586,8	602,6	523,4

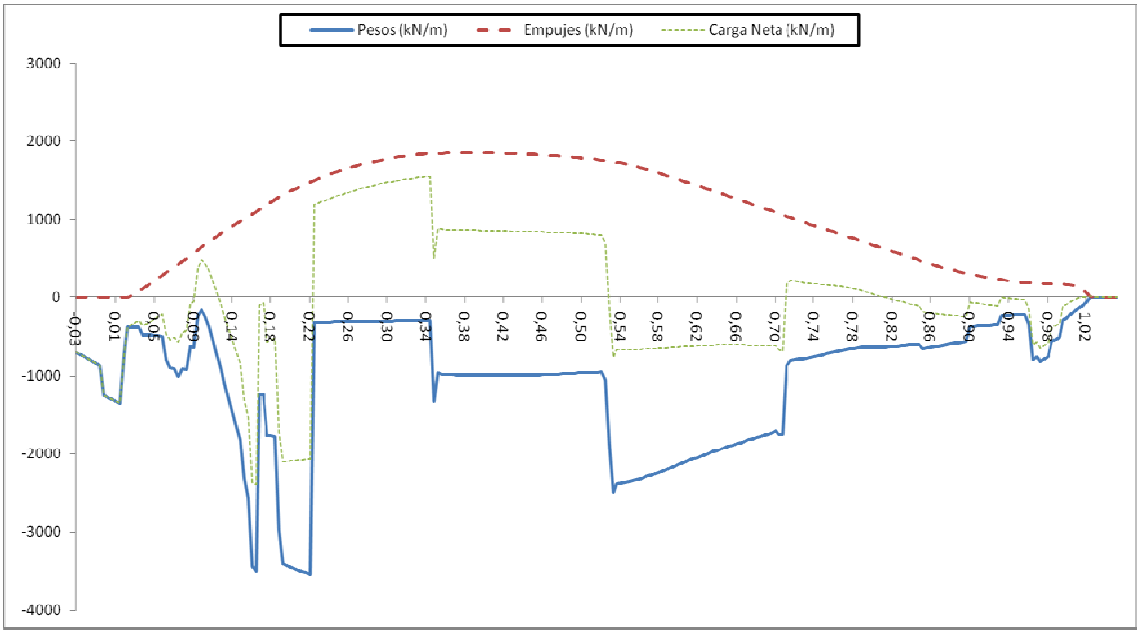
e2b3b	868,5	694,8	620,4	560,3	482,5	586,8	602,6	523,4
e1b3e	894,2	715,4	638,7	576,9	496,8	604,2	620,4	538,9
e1b3b	894,2	715,4	638,7	576,9	496,8	604,2	620,4	538,9
Escotilla 3e	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Escotilla 3b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4º Anillo de carga								
b4e	726,9	581,5	519,2	468,9	403,8	491,1	504,3	438,0
b4b	726,9	581,5	519,2	468,9	403,8	491,1	504,3	438,0
e2b4e	480,9	384,7	343,5	310,2	267,1	324,9	333,6	289,8
e2b4b	480,9	384,7	343,5	310,2	267,1	324,9	333,6	289,8
e1b4e	544,1	435,3	388,7	351,0	302,3	367,6	377,5	327,9
e1b4b	544,1	435,3	388,7	351,0	302,3	367,6	377,5	327,9
Escotilla 4e	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Escotilla 4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5º Anillo de carga								
e2b5e	127,0	101,6	90,7	81,9	70,5	85,8	88,1	76,5
e2b5b	127,0	101,6	90,7	81,9	70,5	85,8	88,1	76,5
e1b5e	171,7	137,4	122,7	110,8	95,4	116,0	119,1	103,5
e1b5b	171,7	137,4	122,7	110,8	95,4	116,0	119,1	103,5
Escotilla 5e	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Escotilla 5b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Superestructura								
SpE	273,0	218,4	195,0	176,1	151,7	184,4	189,4	164,5
SeB	273,0	218,4	195,0	176,1	151,7	184,4	189,4	164,5
Sumas	25016,8	20013,4	17869,1	16139,9	13898,2	16903,2	17356,0	15076,0
	m^3	t	t	t	t	t	t	t

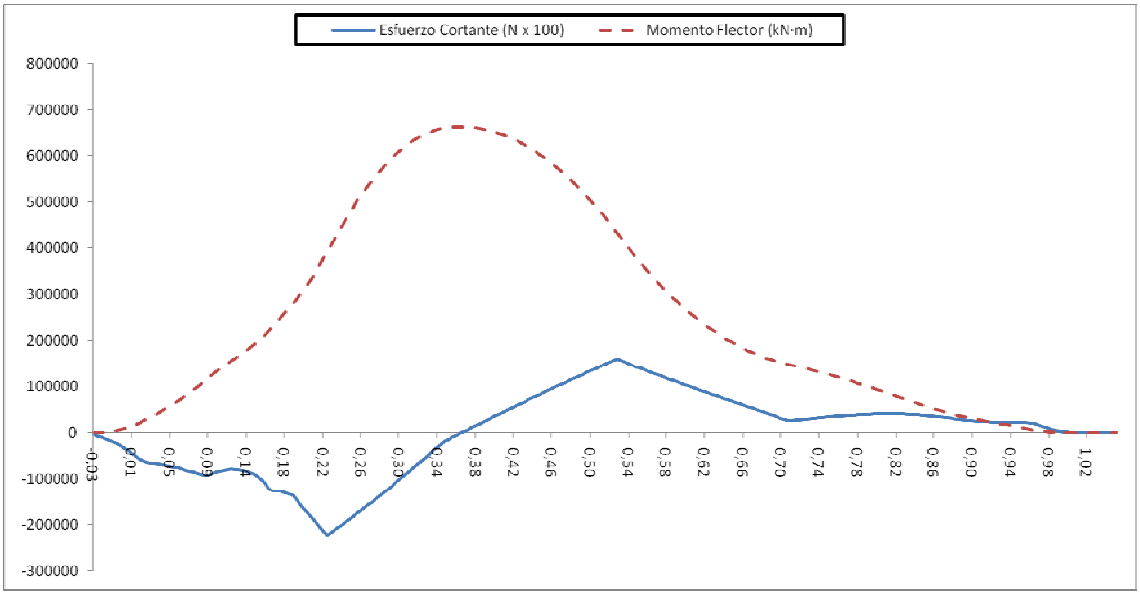
TPM lleno	27660,8	22657,5	20513,2	18783,9	16542,3	19547,3	20000,0	20000,0

ANEXO II:

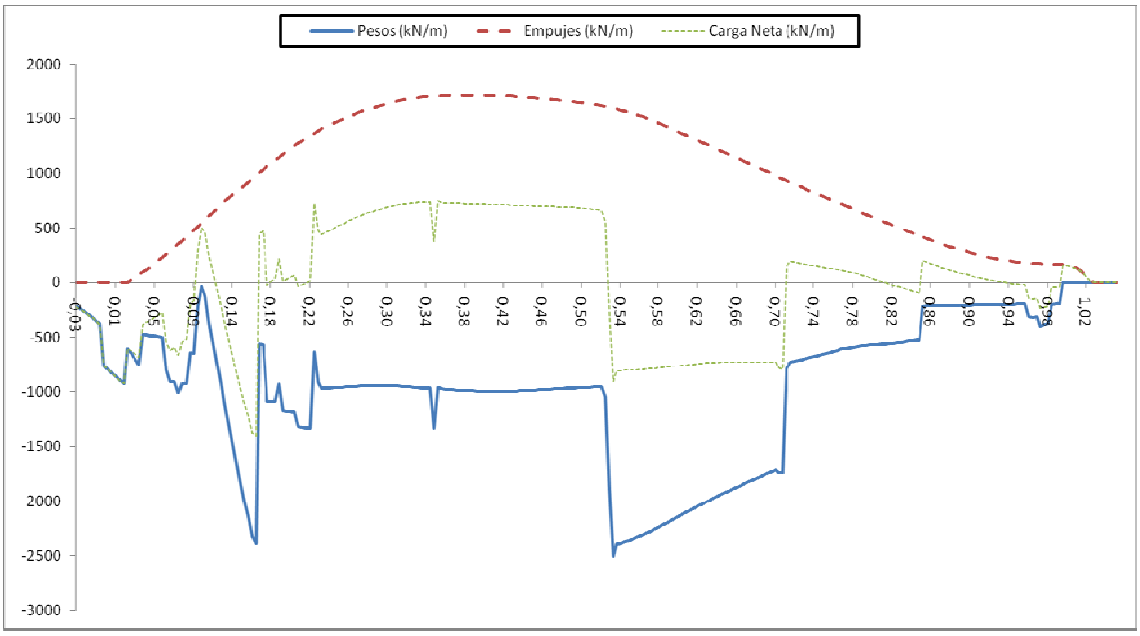
CURVAS DE CARGA

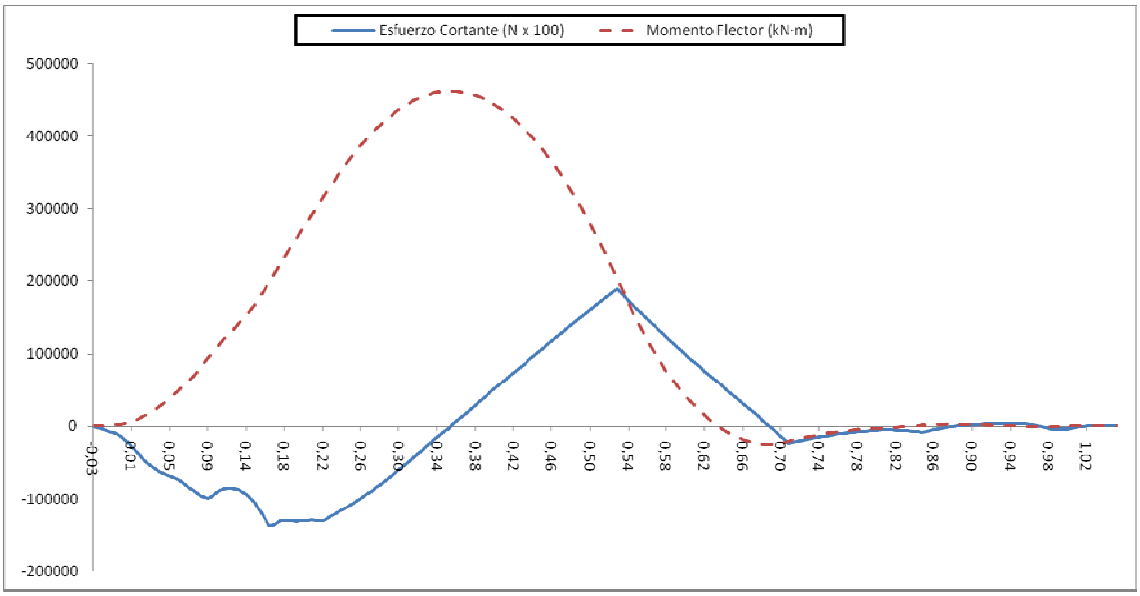
1. Lastre 100% consumos.



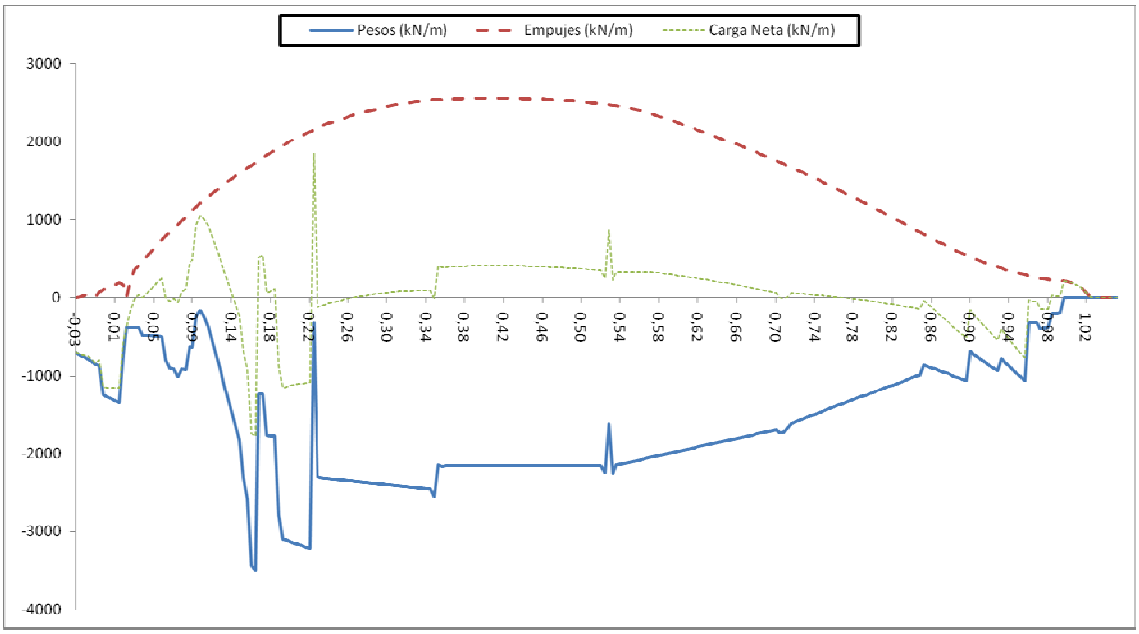


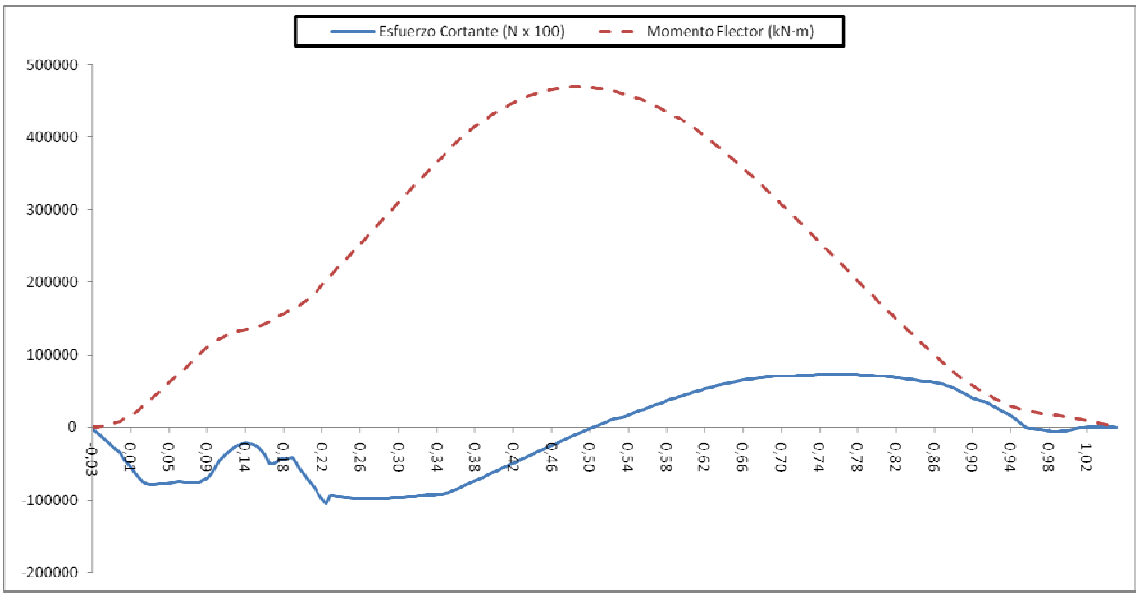
2. Lastre 10% consumos.



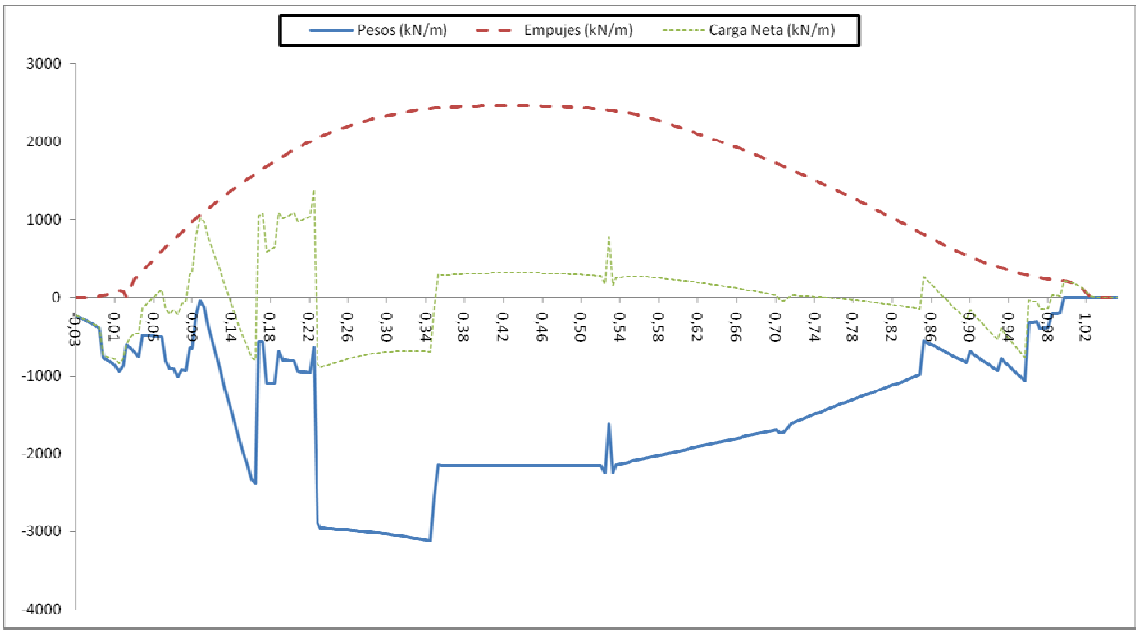


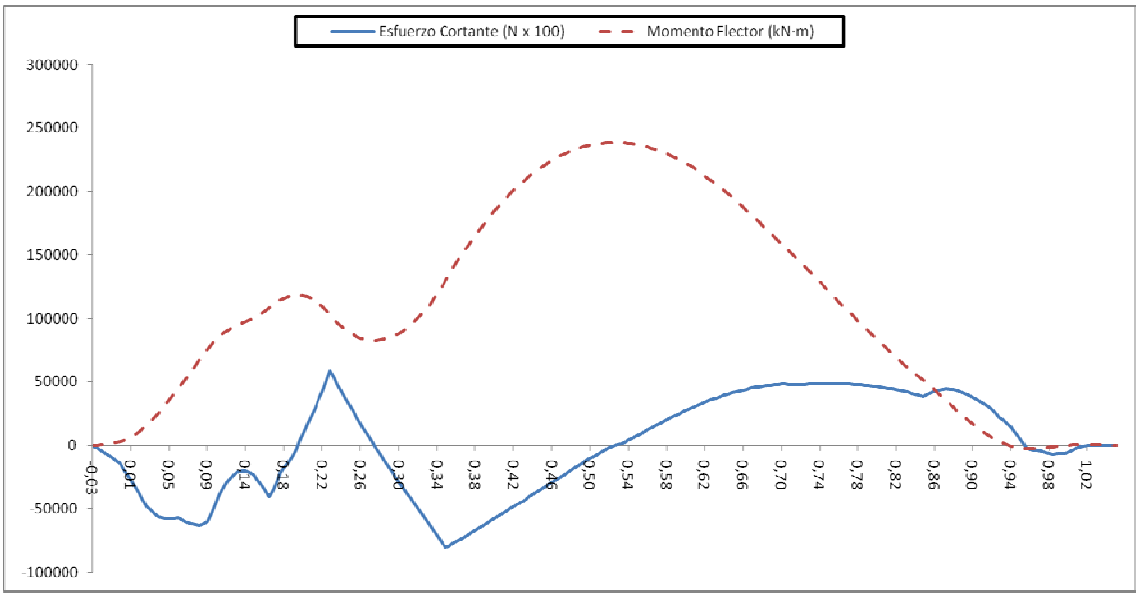
3. Carga homogénea, 100% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.



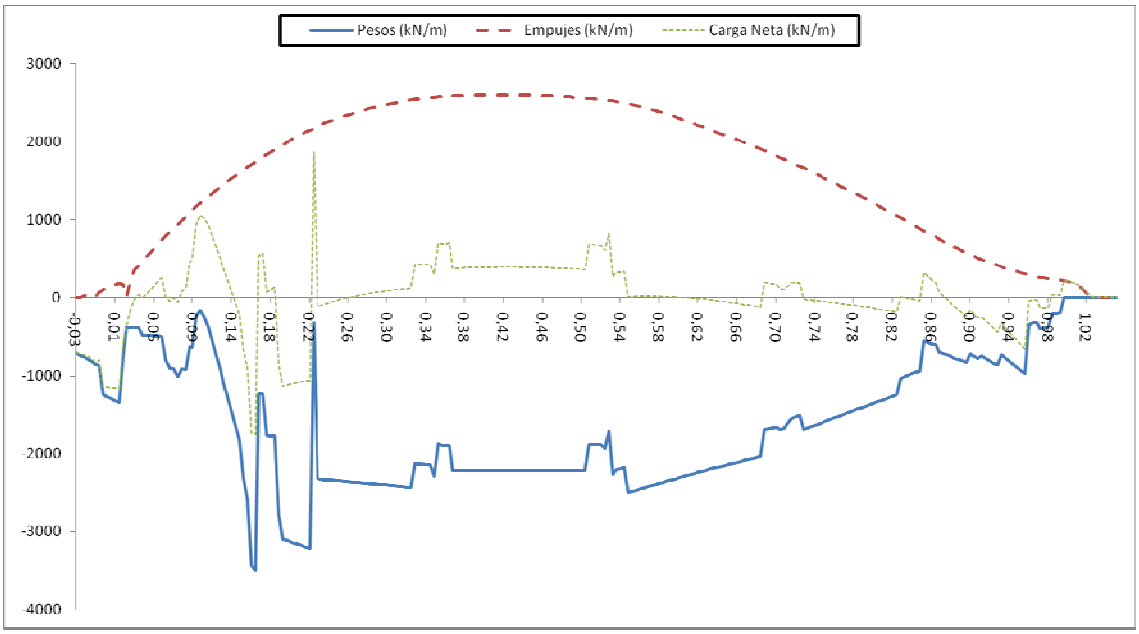


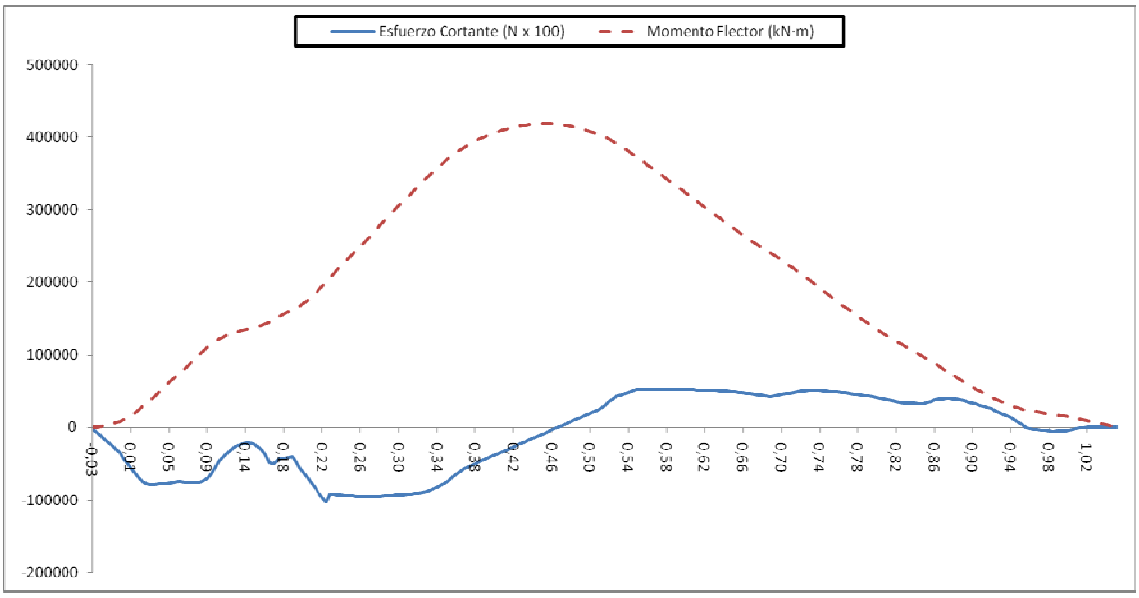
4. Carga homogénea, 10% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.



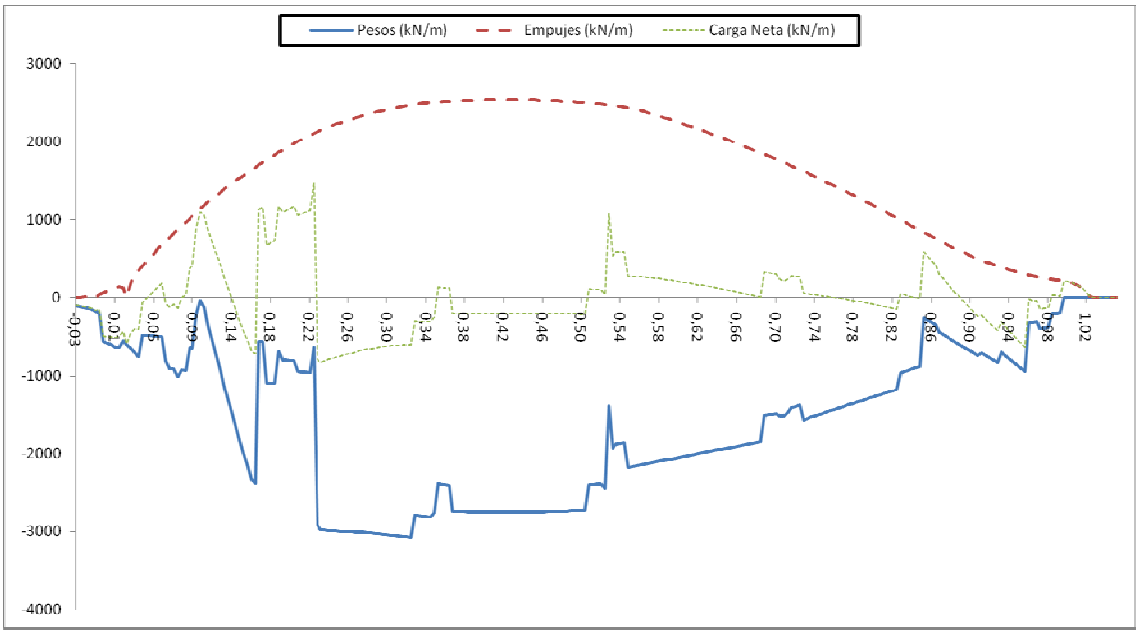


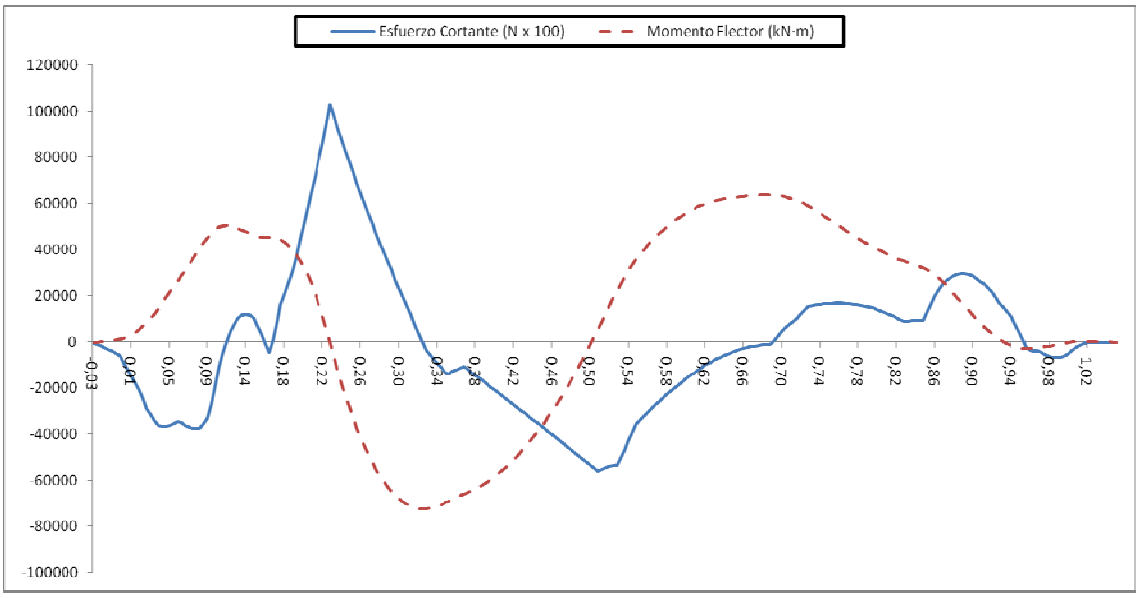
5. Carga homogénea con contenedores en cubierta, 100% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.



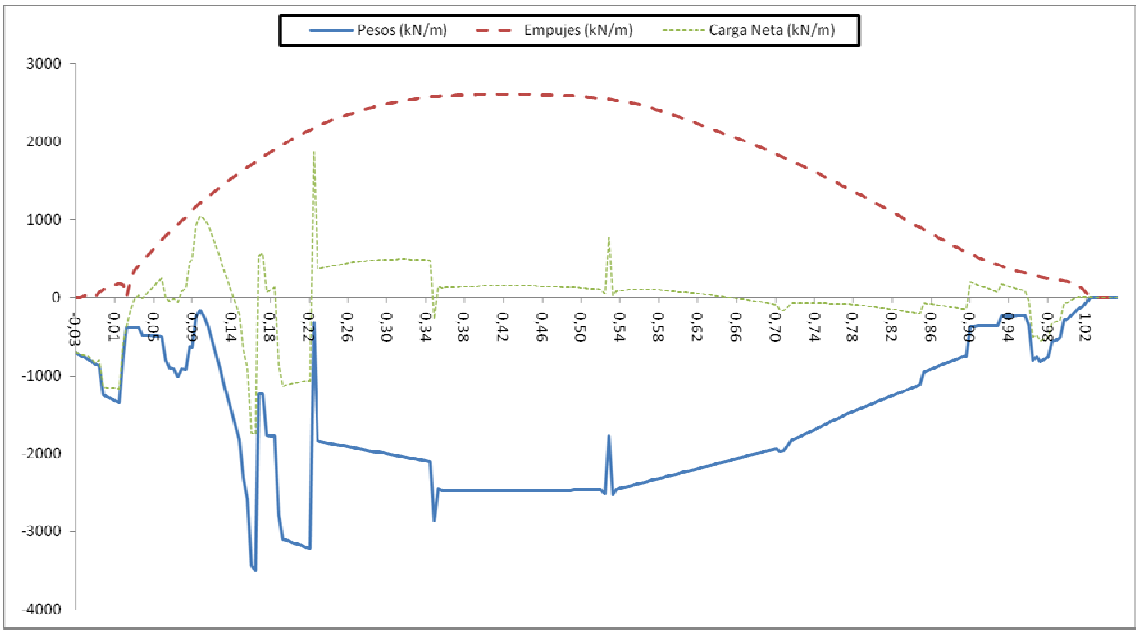


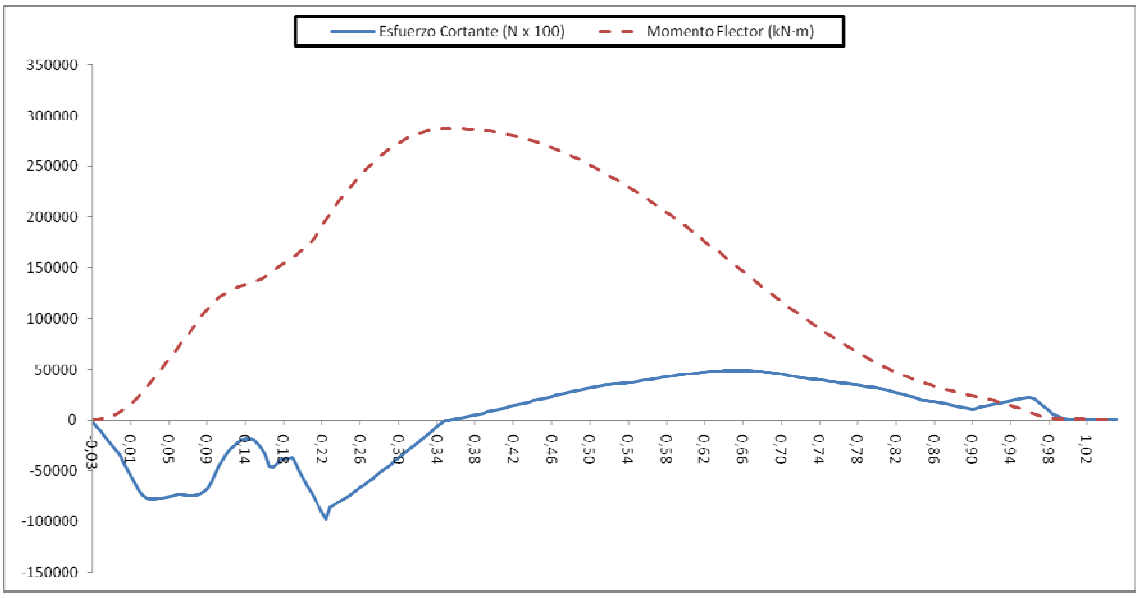
6. Carga homogénea con contenedores en cubierta, 10% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.



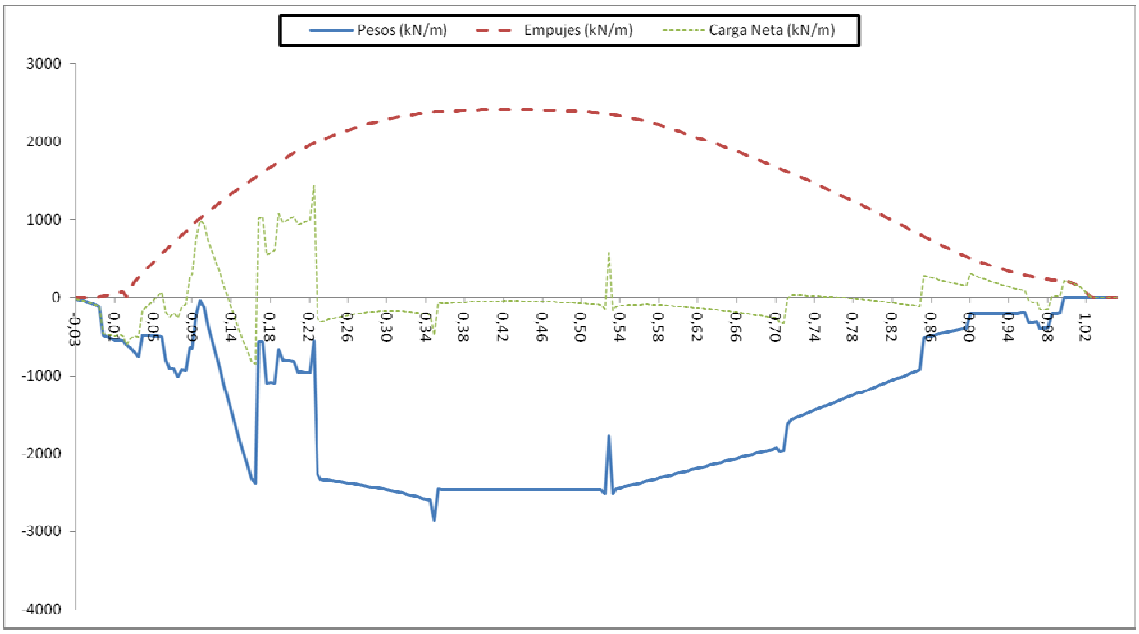


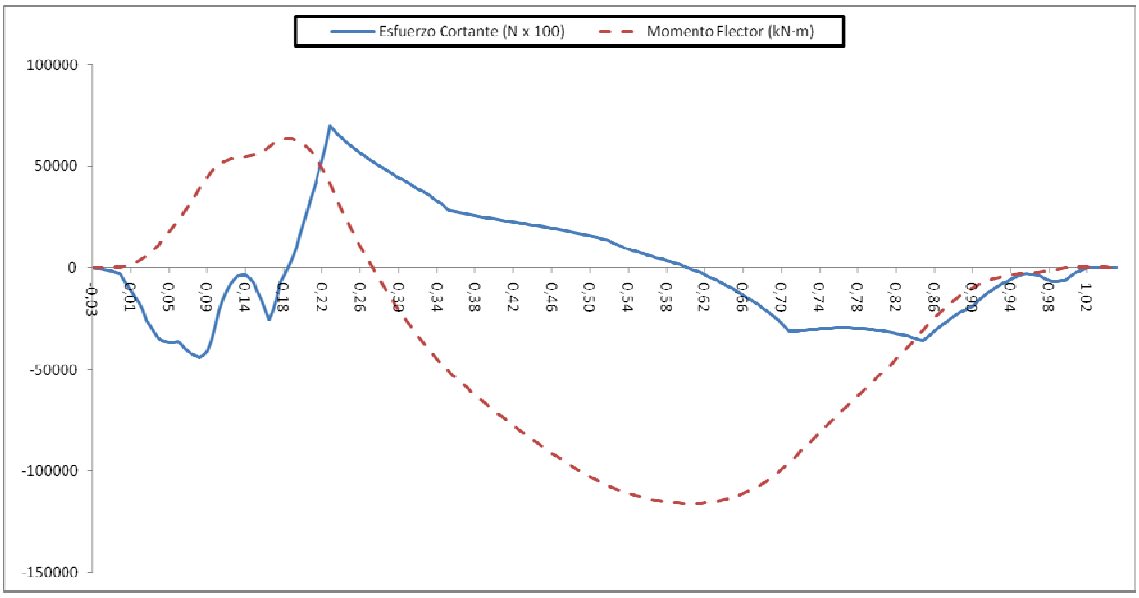
7. Carga homogénea 1,25 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.



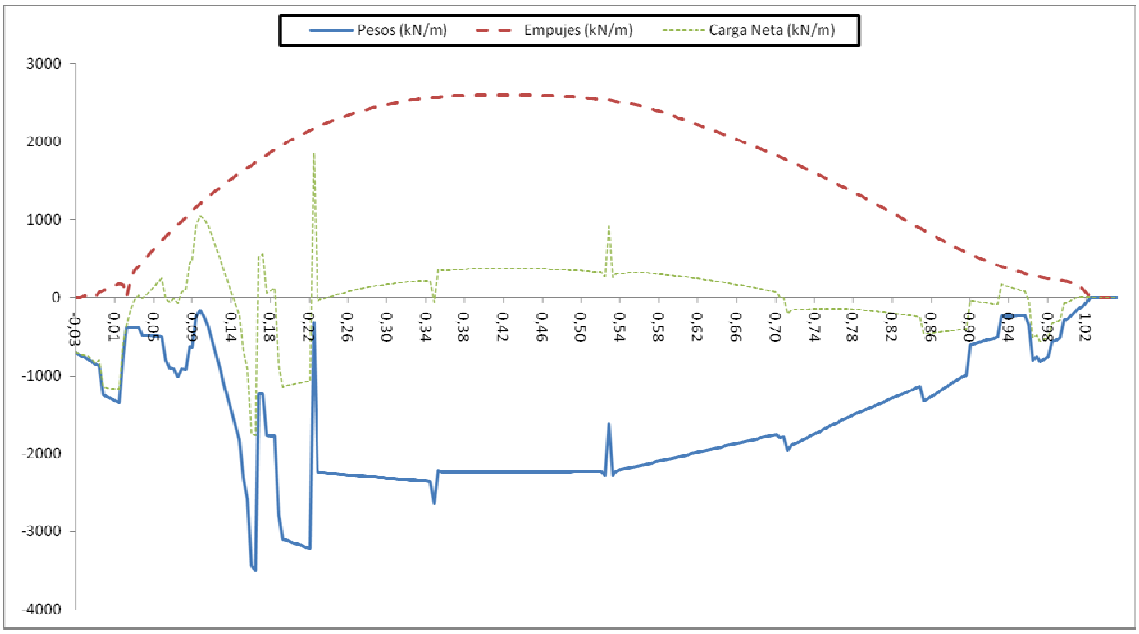


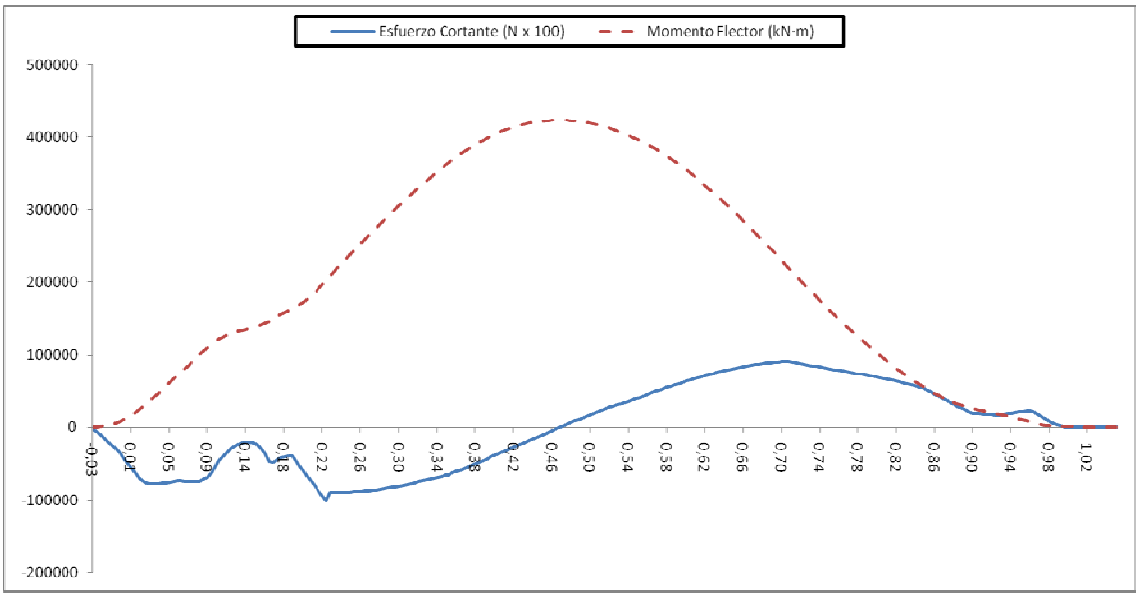
8. Carga homogénea 1,25 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.



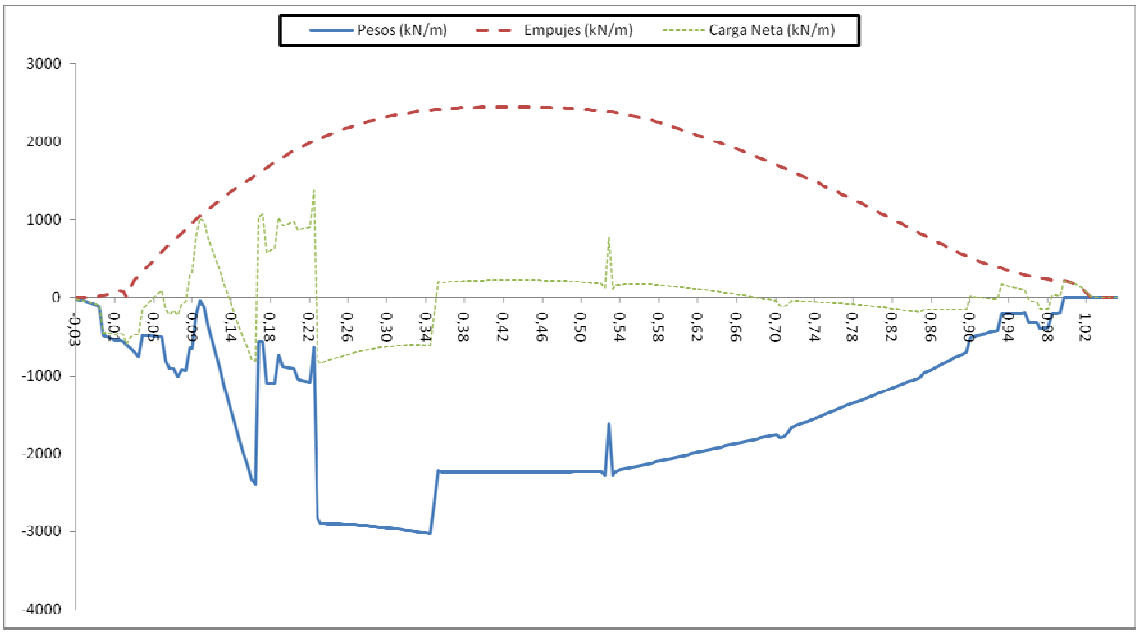


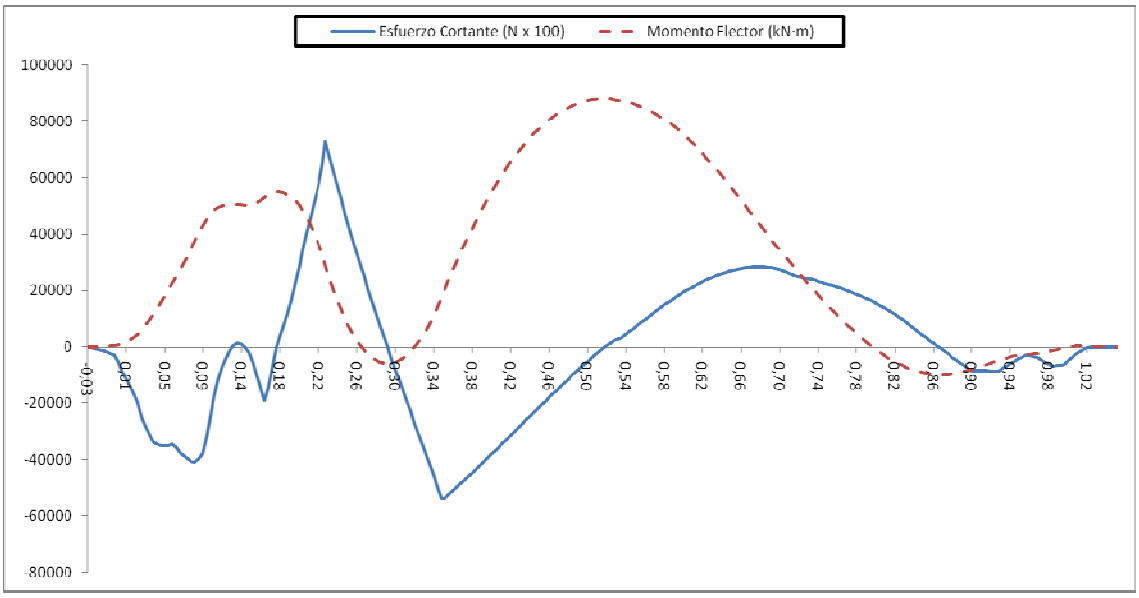
9. Carga homogénea 1,40 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.



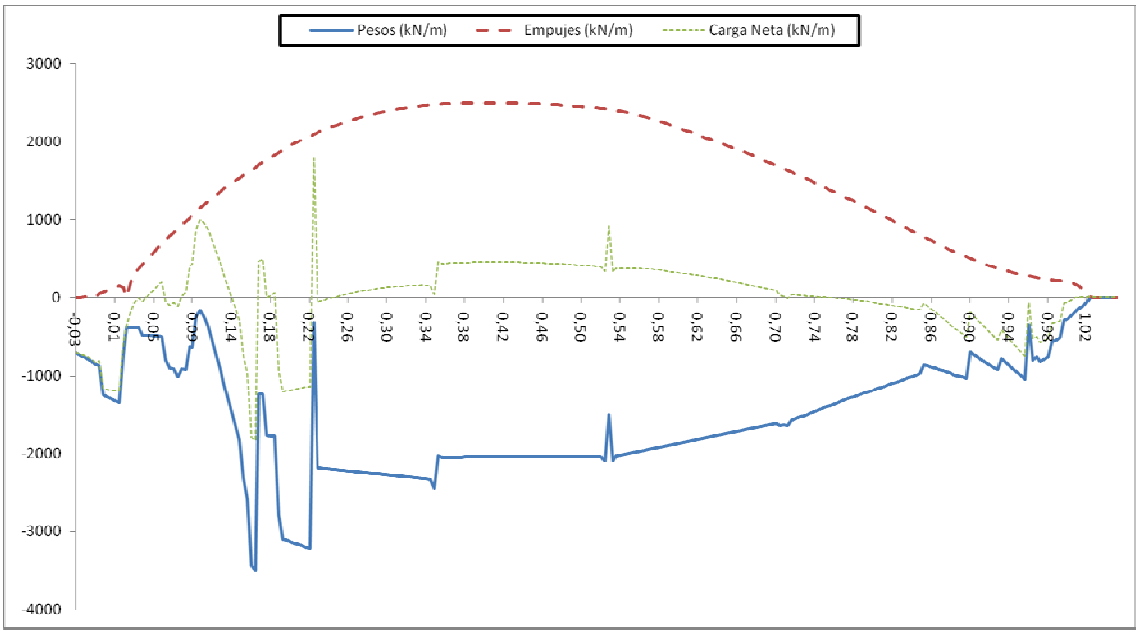


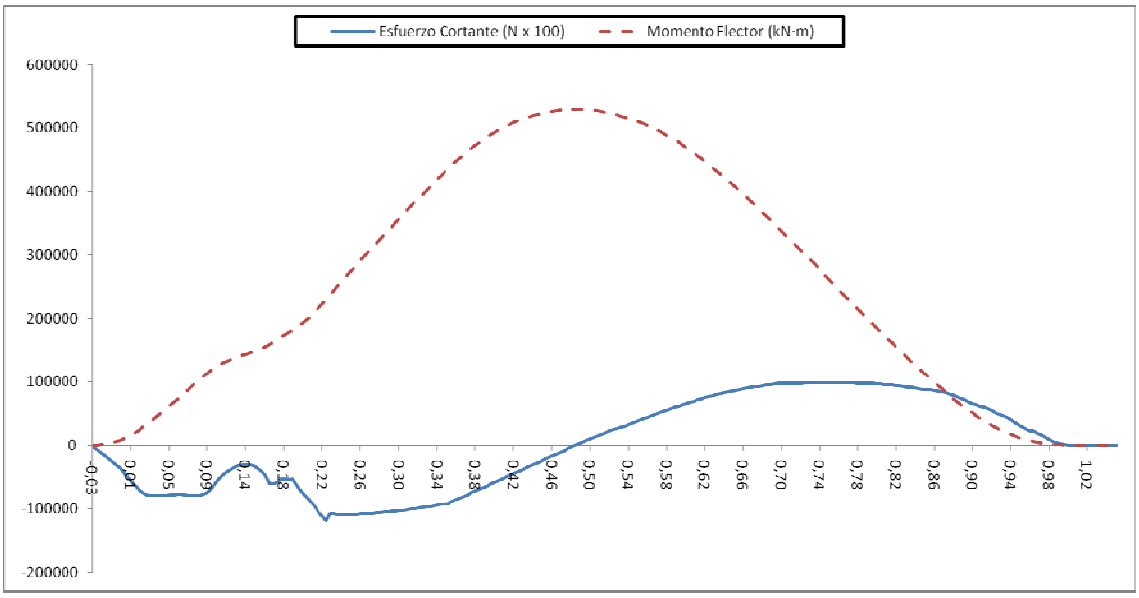
10. Carga homogénea 1,40 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.



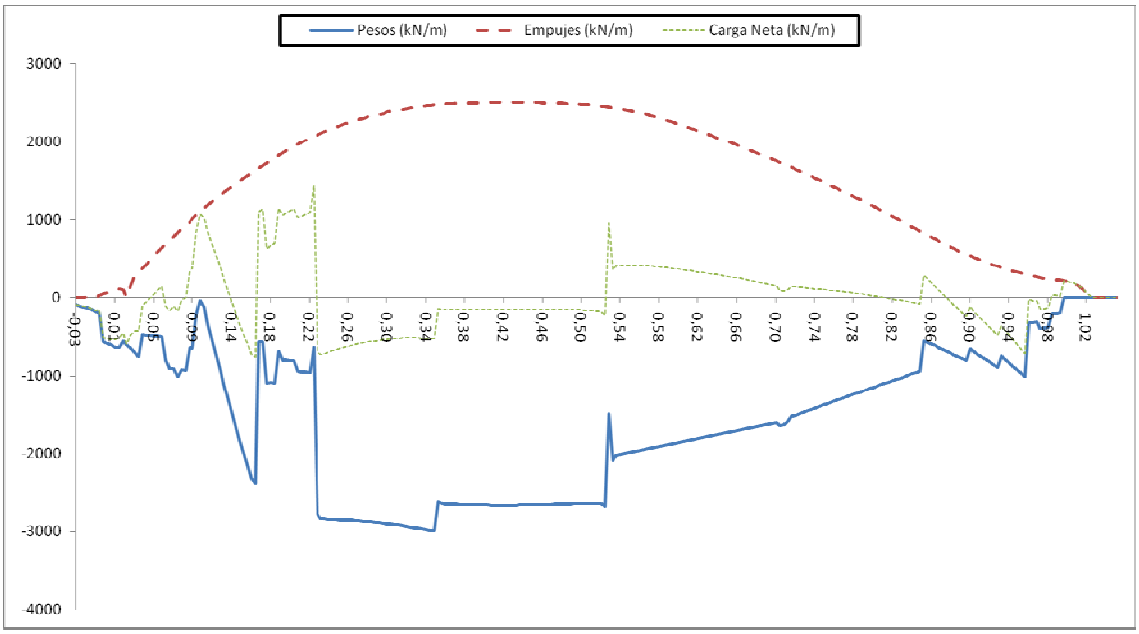


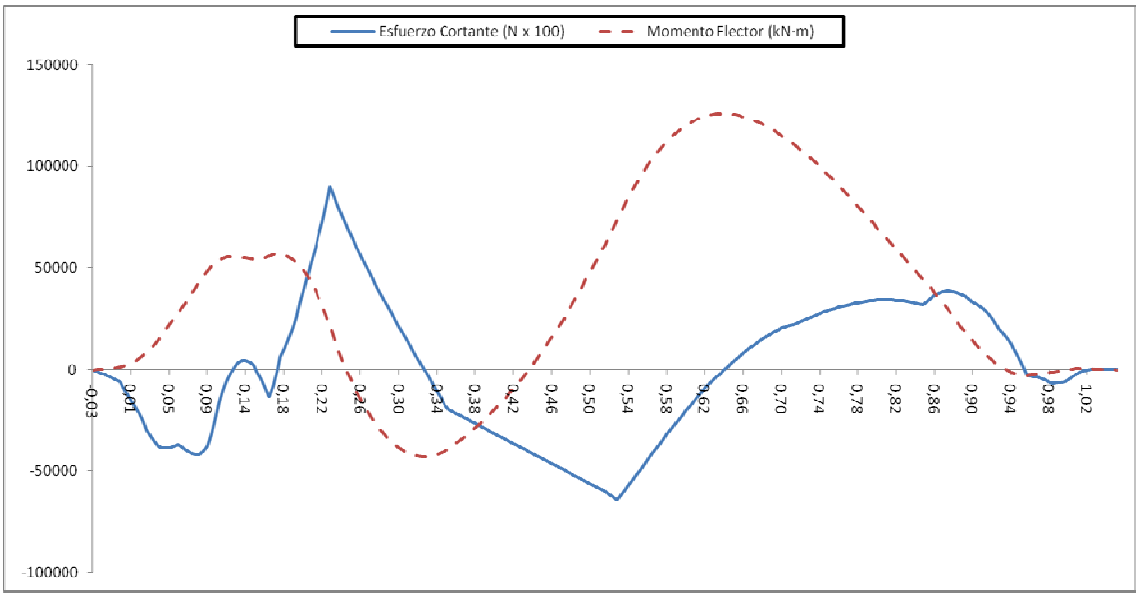
11. Carga homogénea 1,55 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.



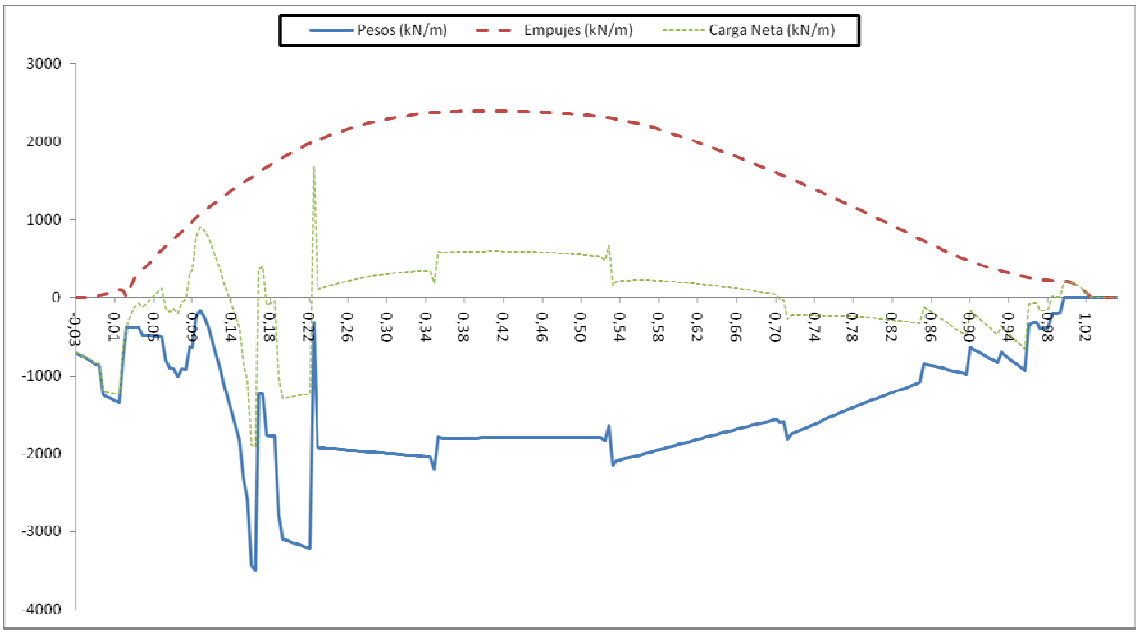


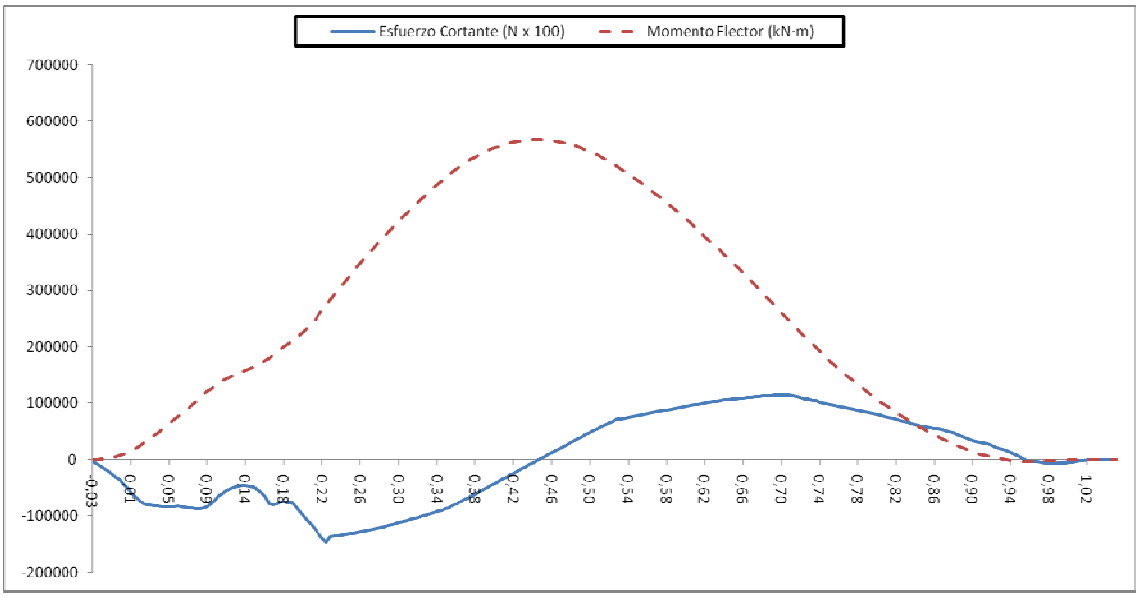
12. Carga homogénea 1,55 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.



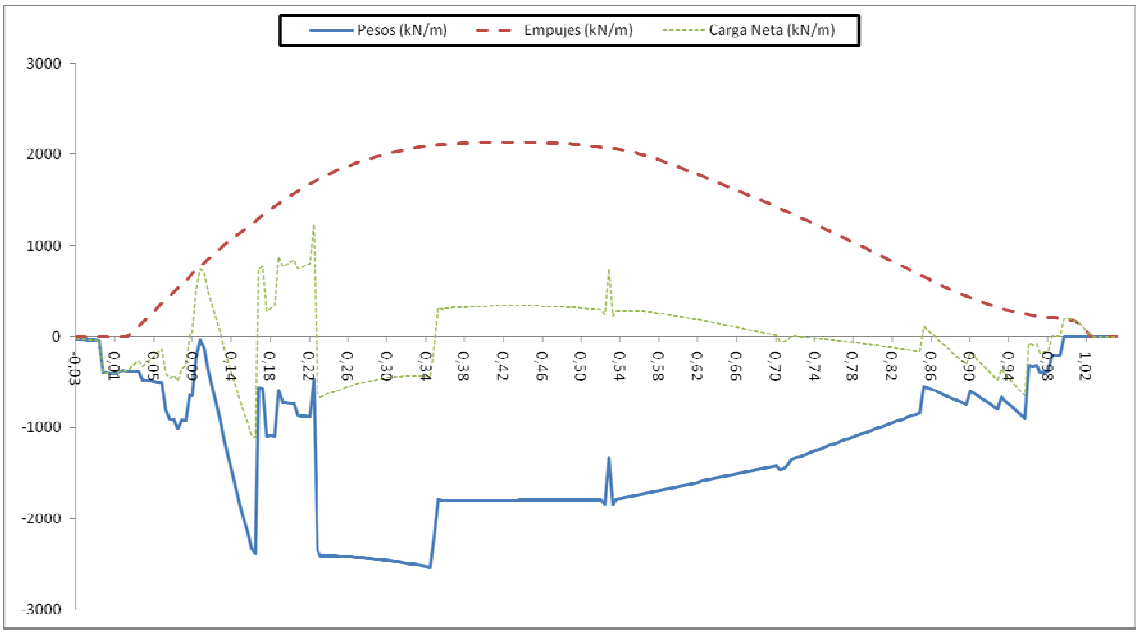


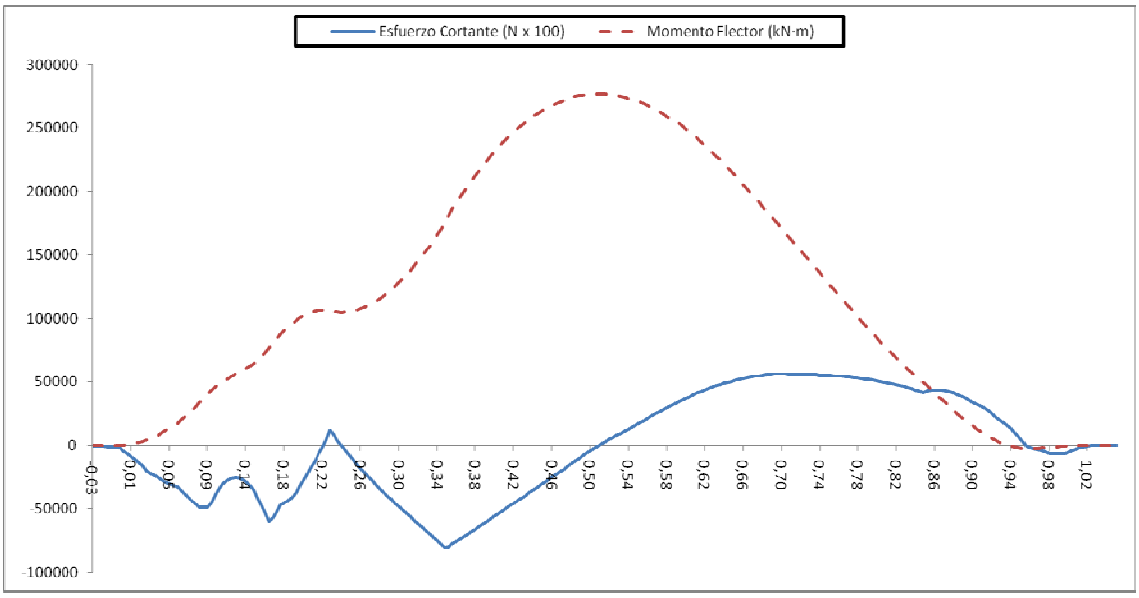
13. Carga homogénea 1,80 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.



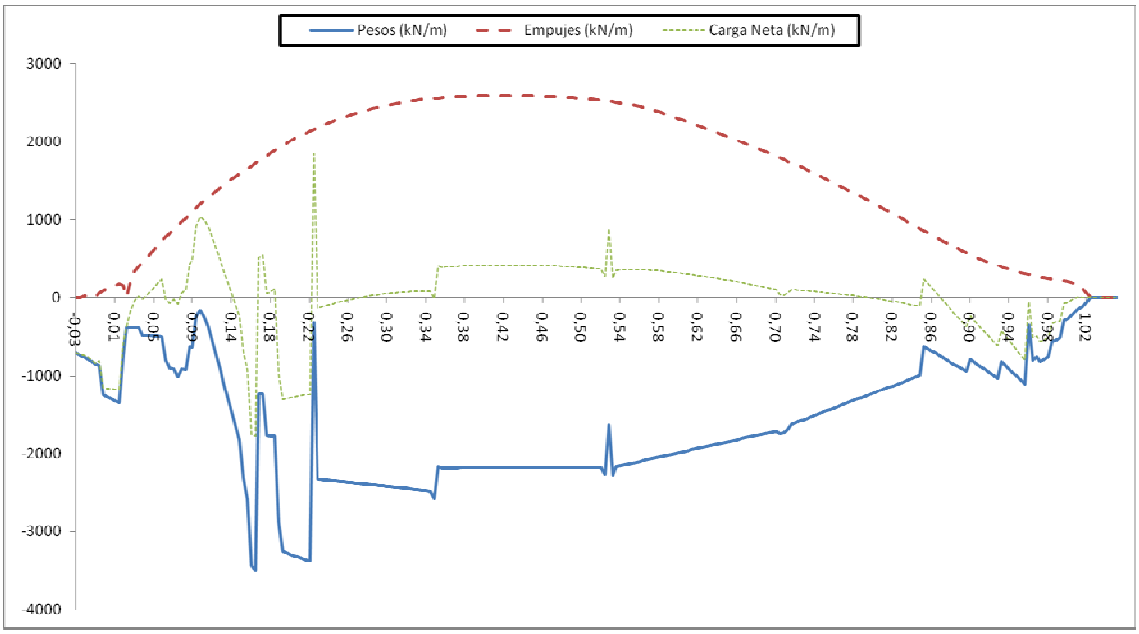


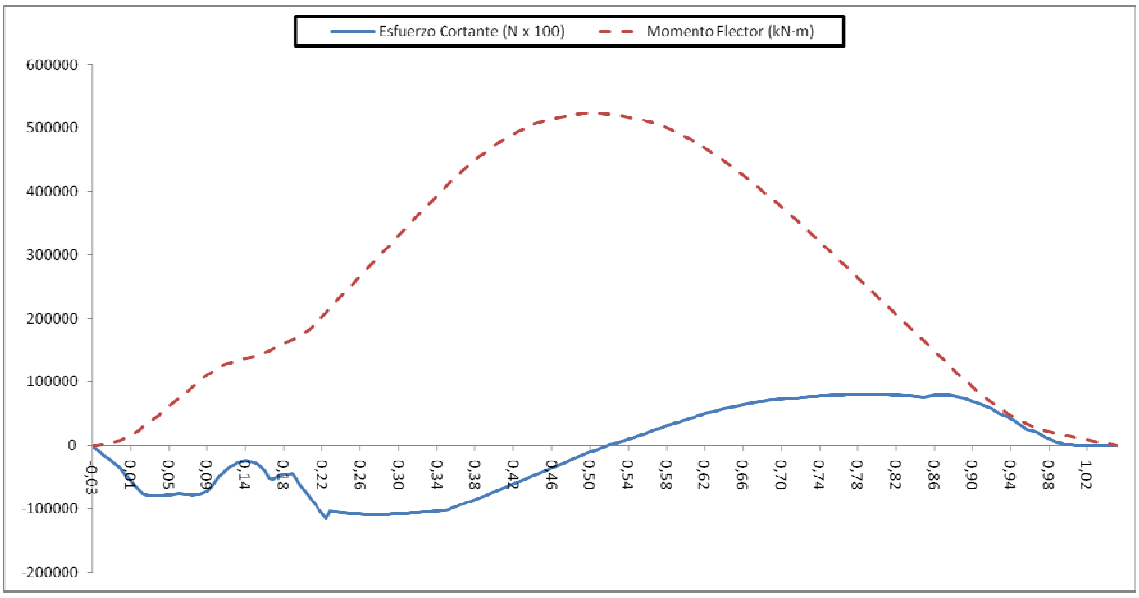
14. Carga homogénea 1,80 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales llenos.



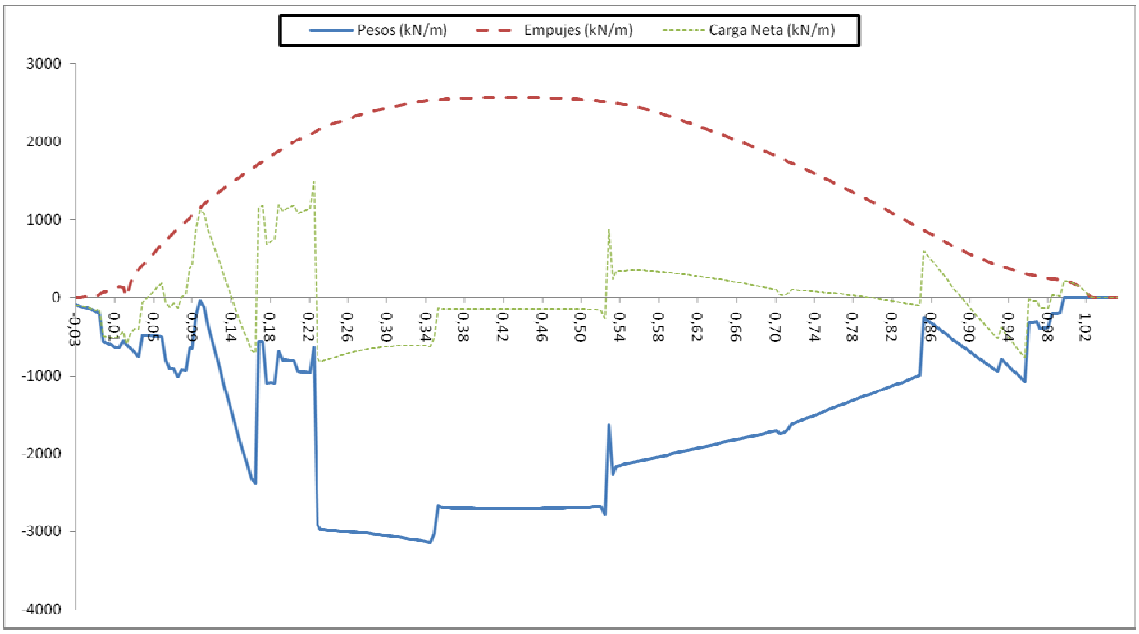


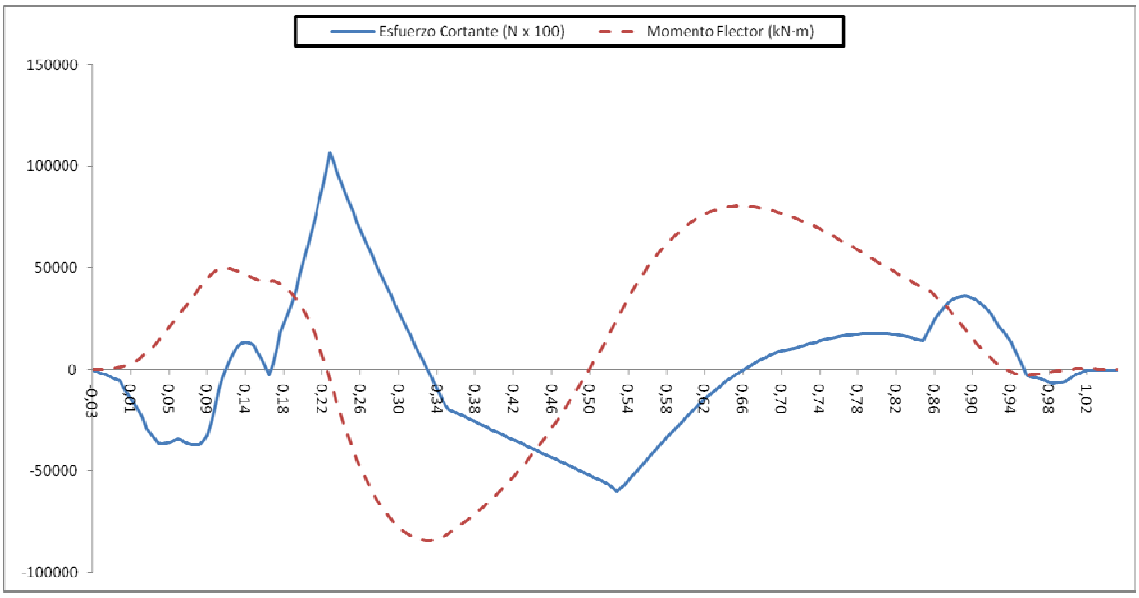
15. Carga homogénea, 100% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.



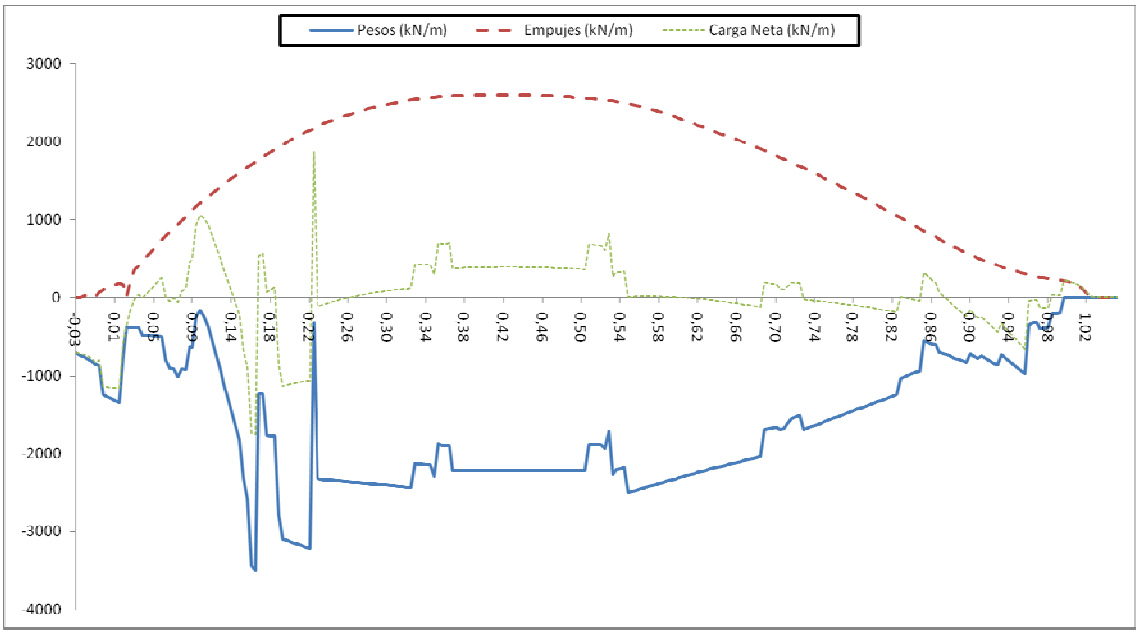


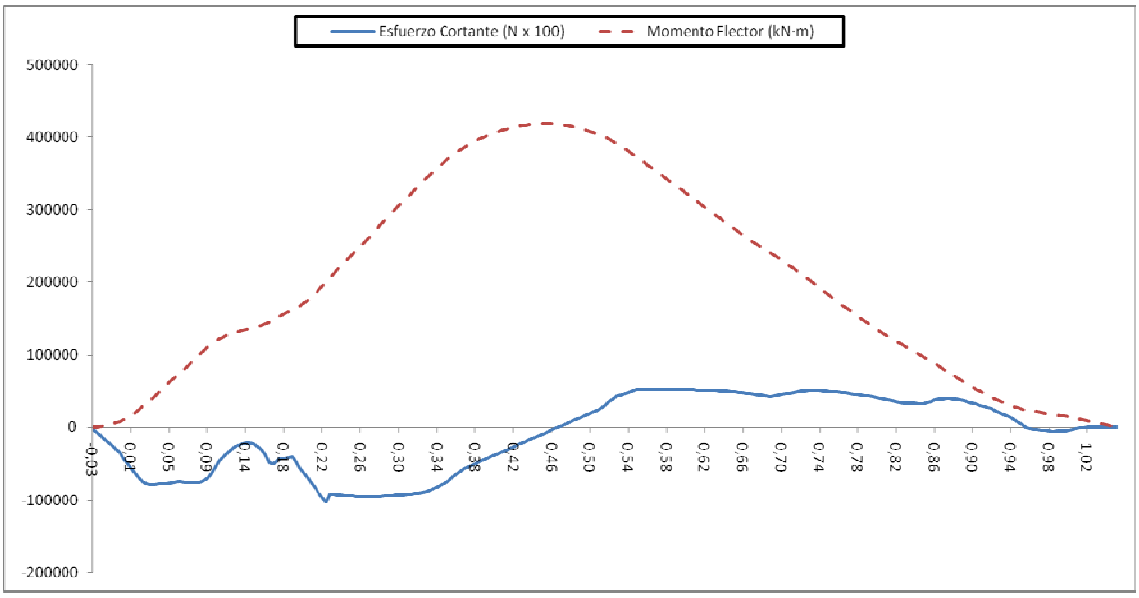
16. Carga homogénea, 10% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.



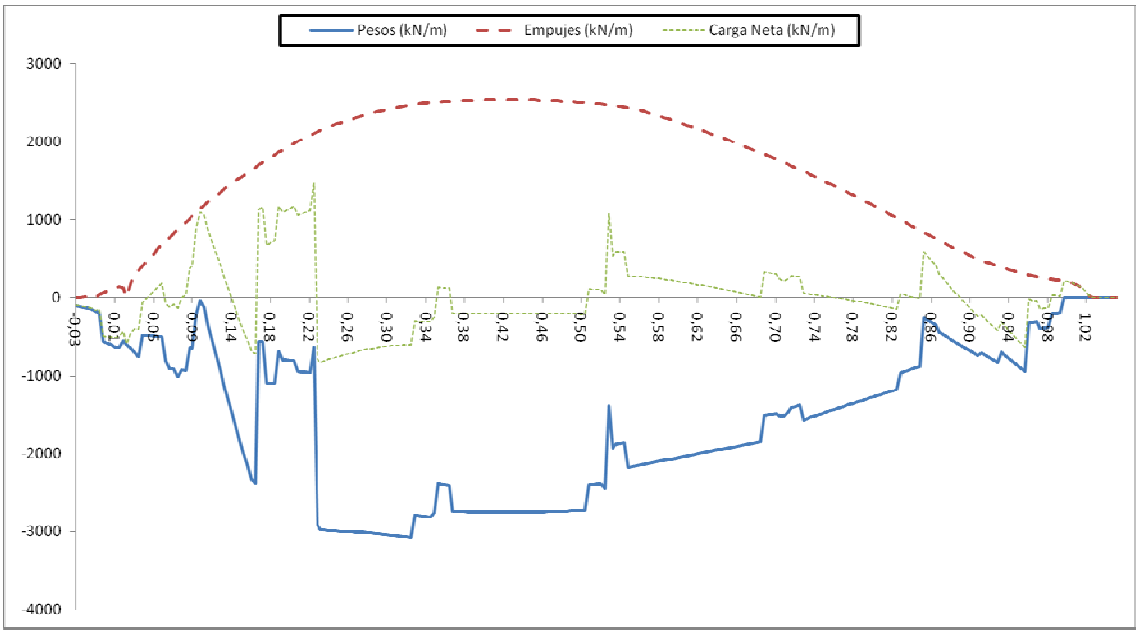


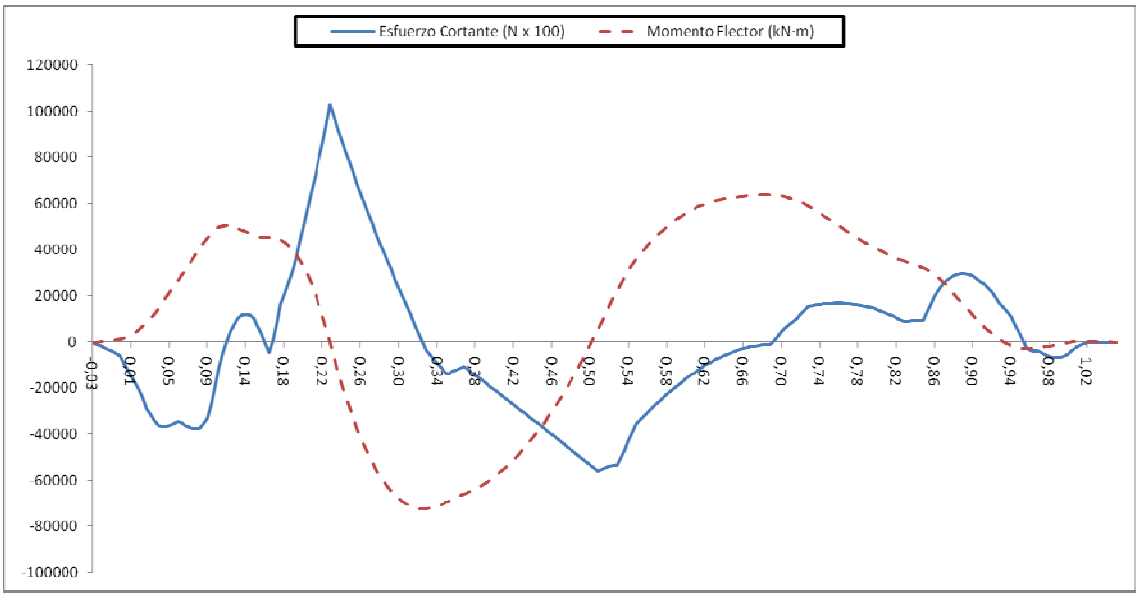
17. Carga homogénea con contenedores en cubierta, 100% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.



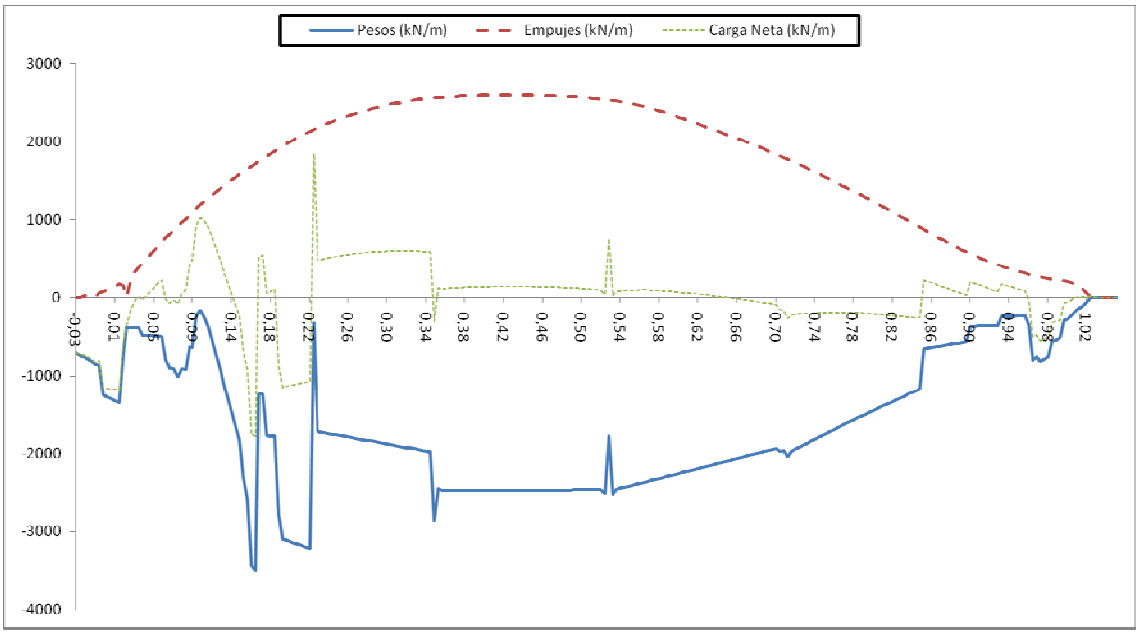


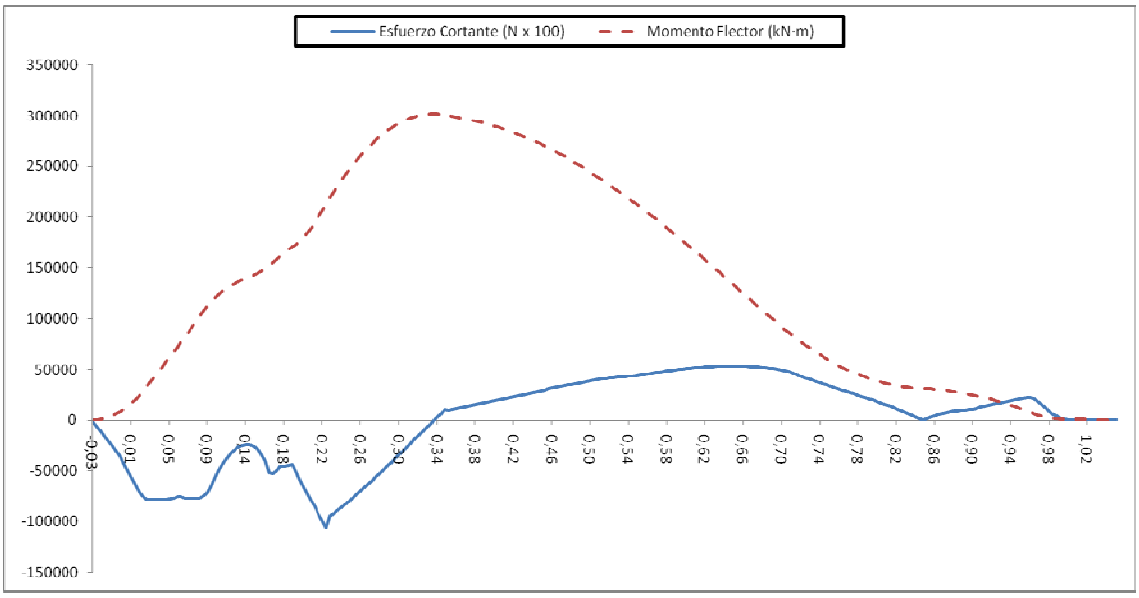
18. Carga homogénea con contenedores en cubierta, 10% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.



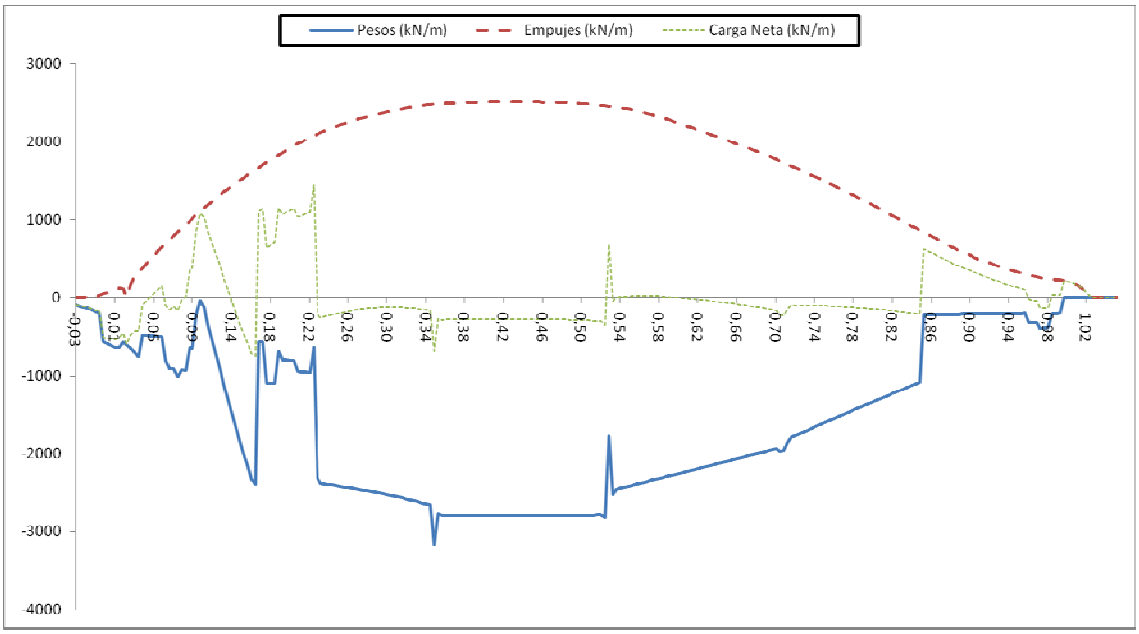


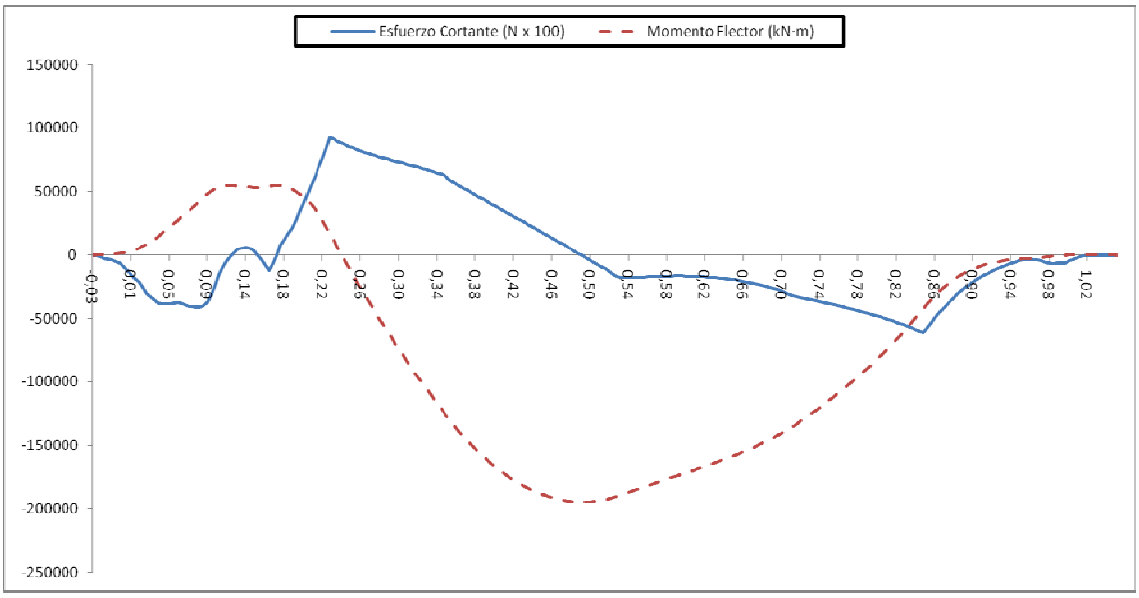
19. Carga homogénea 1,25 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.



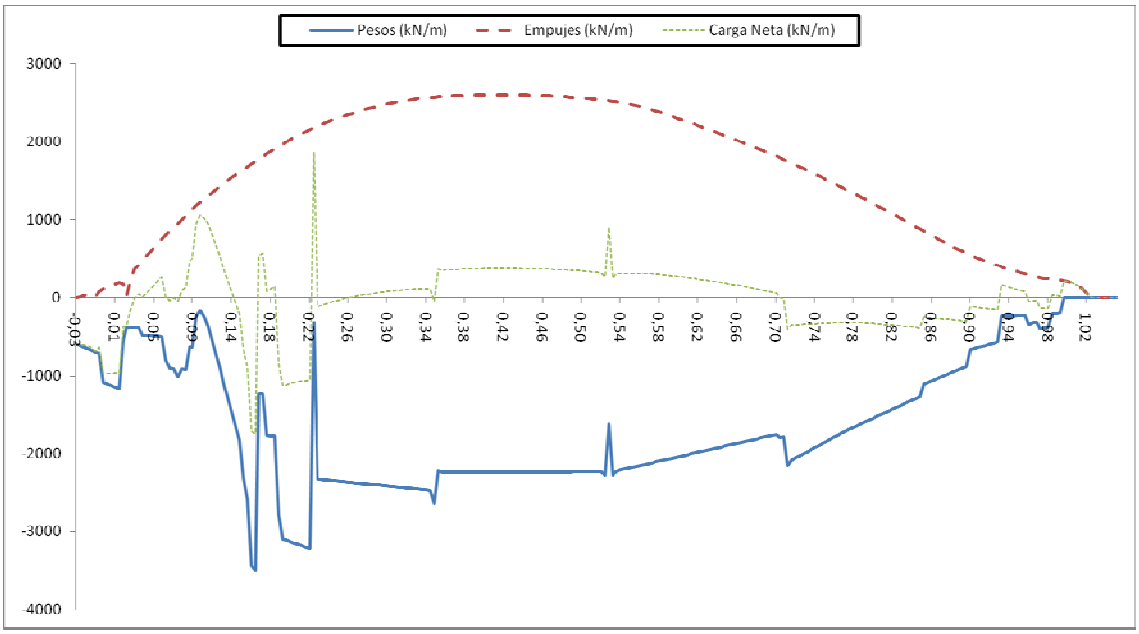


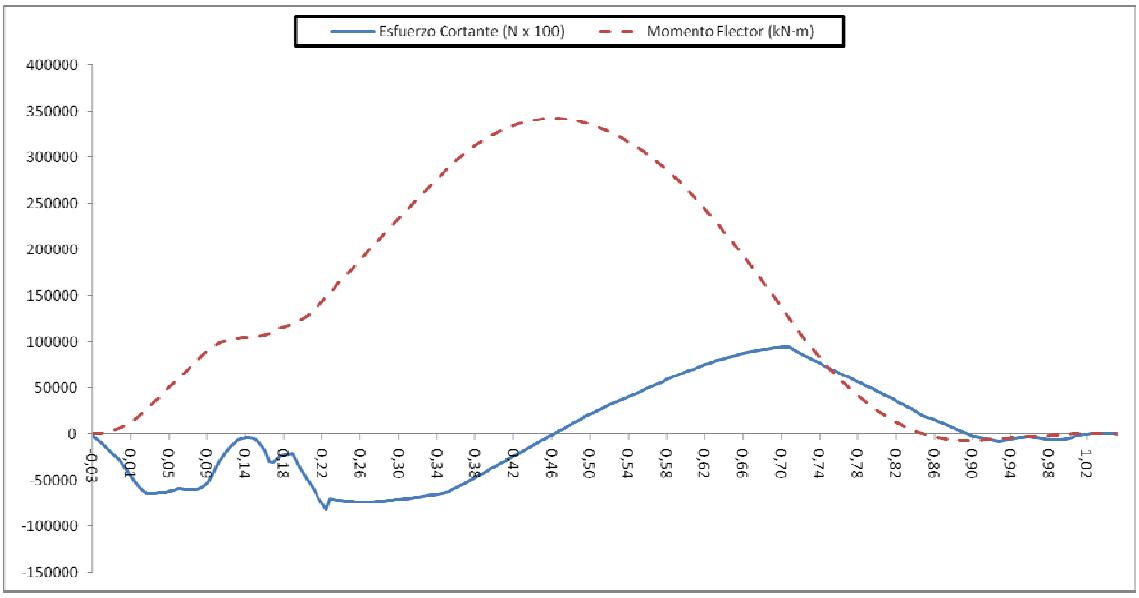
20. Carga homogénea 1,25 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.



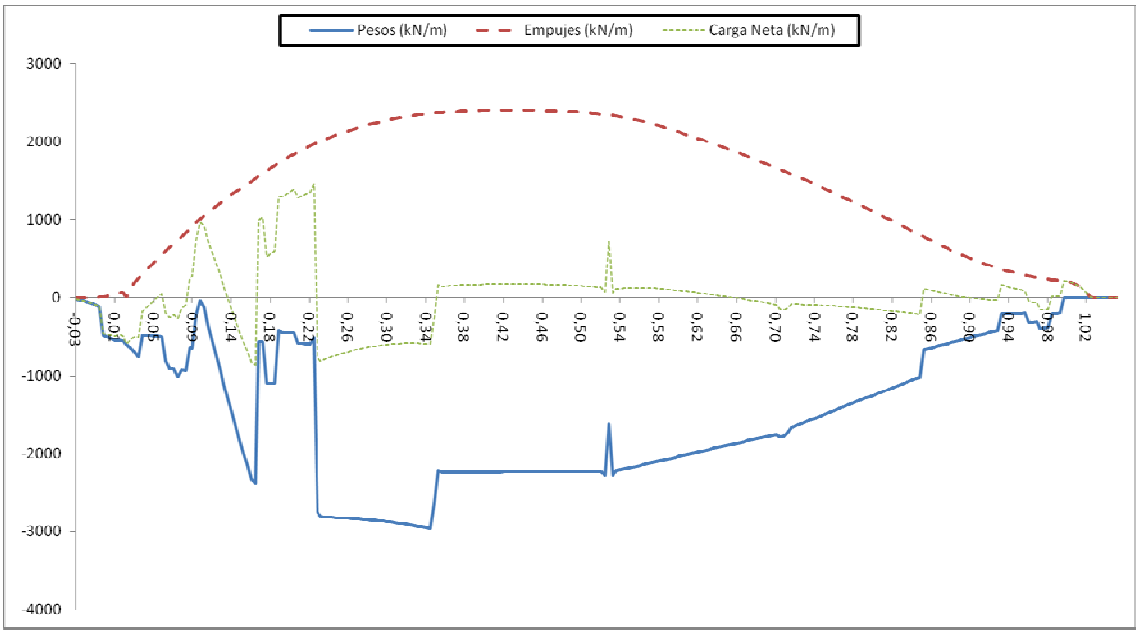


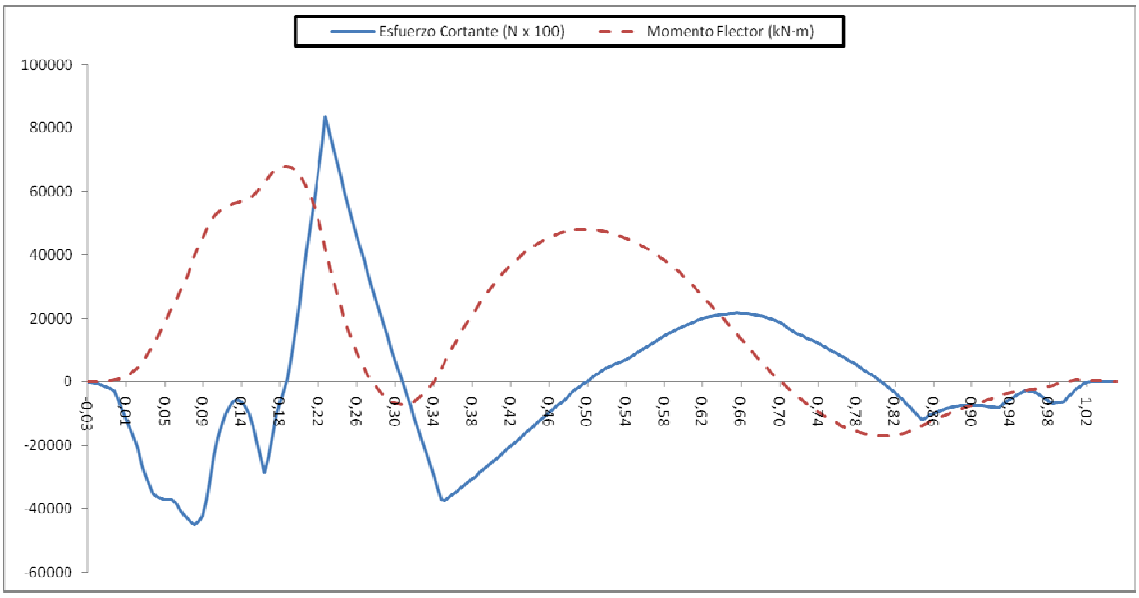
21. Carga homogénea 1,40 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.



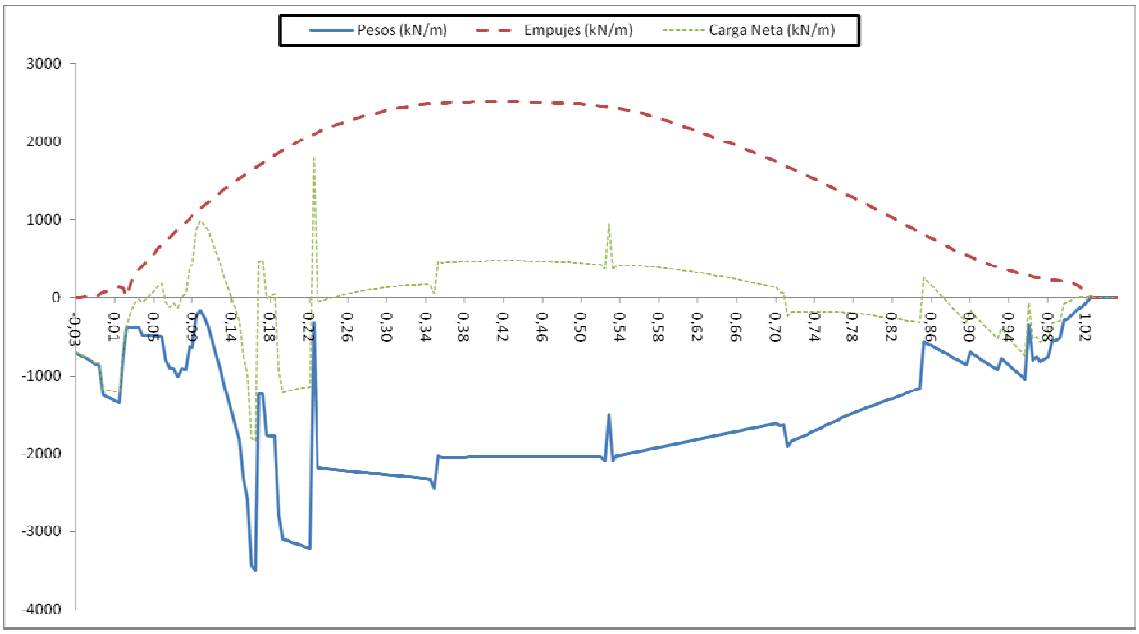


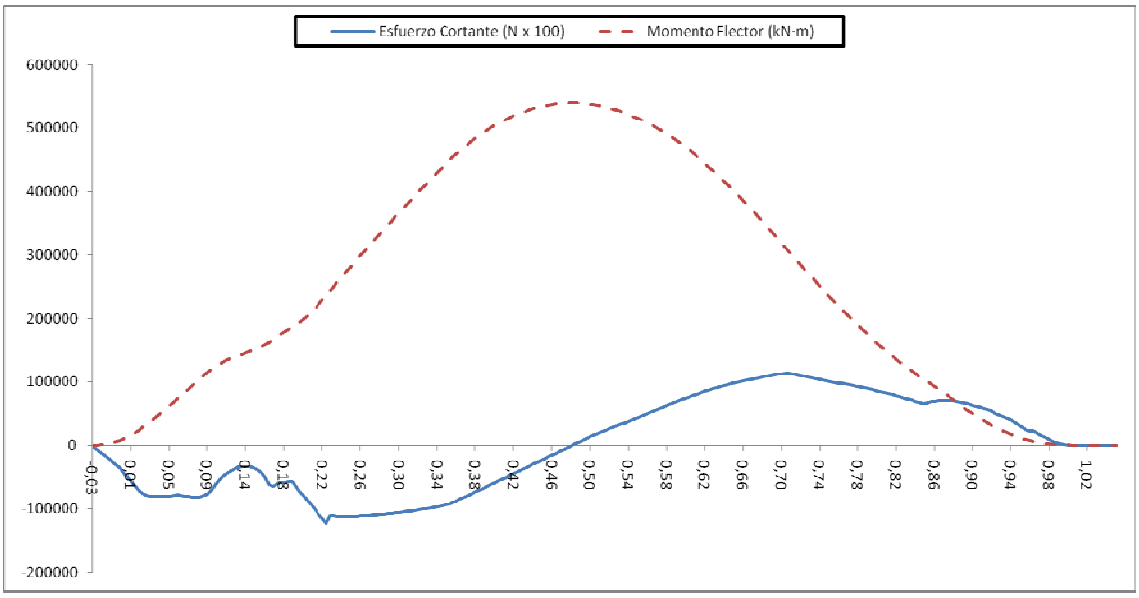
22. Carga homogénea 1,40 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.



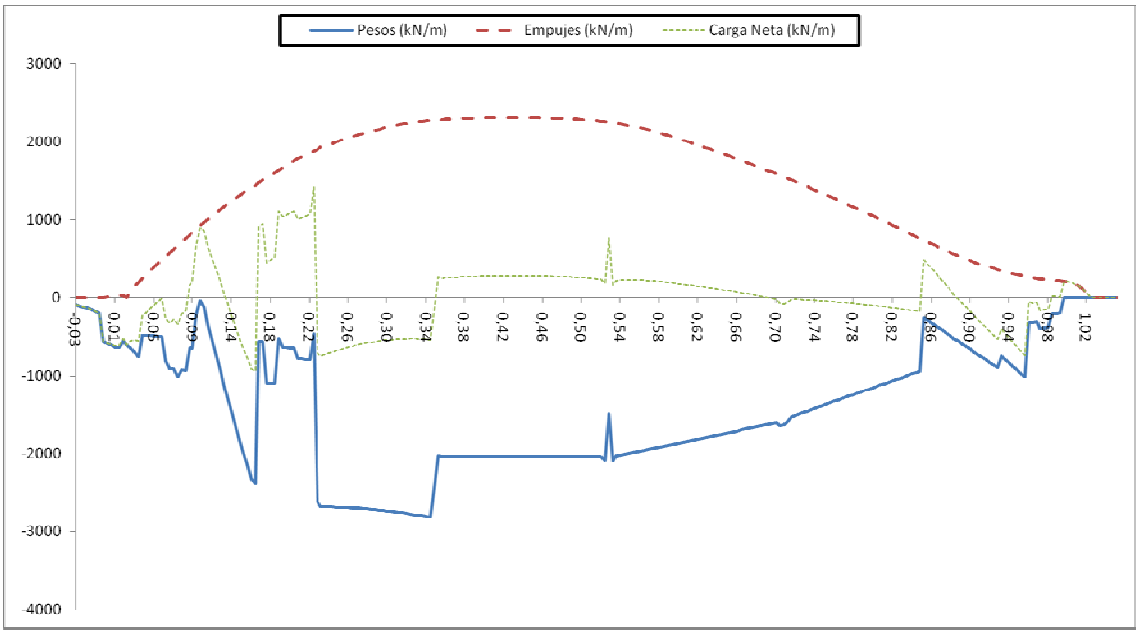


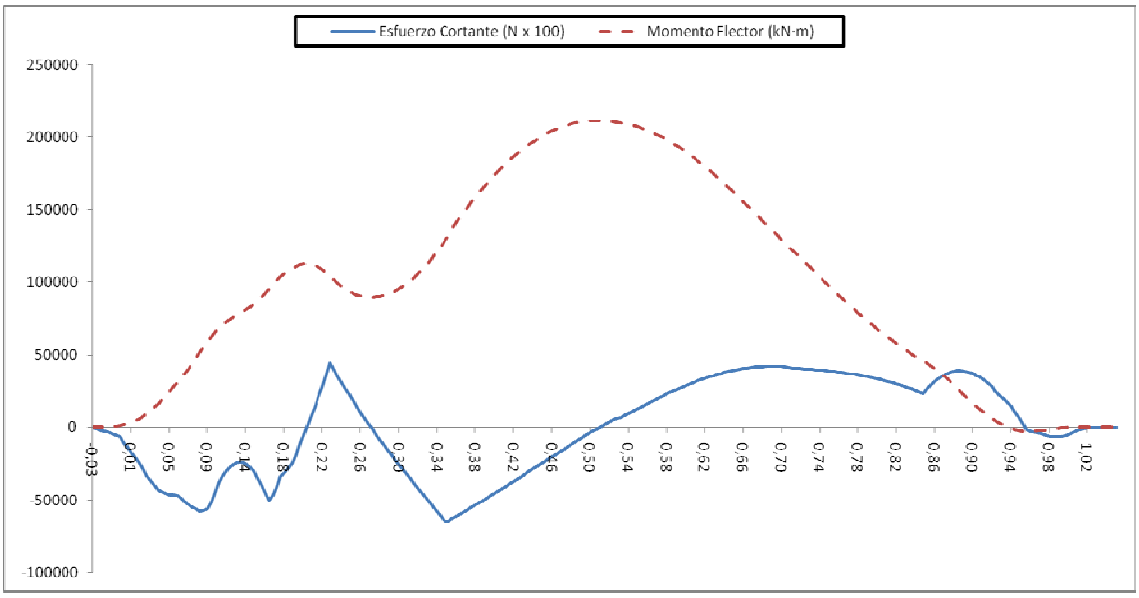
23. Carga homogénea 1,55 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.



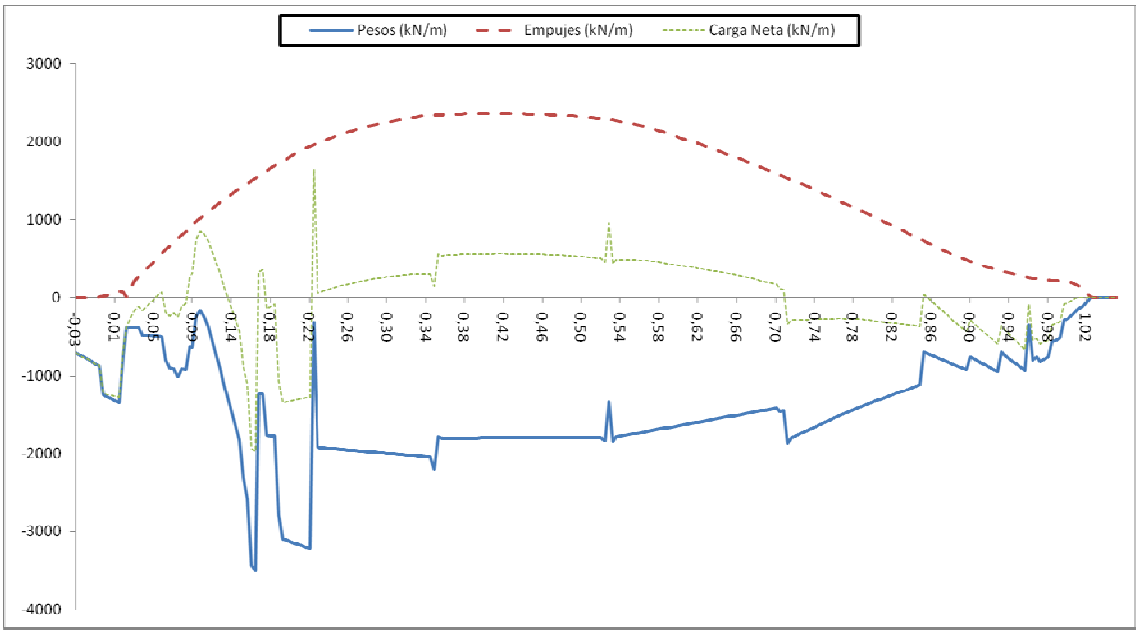


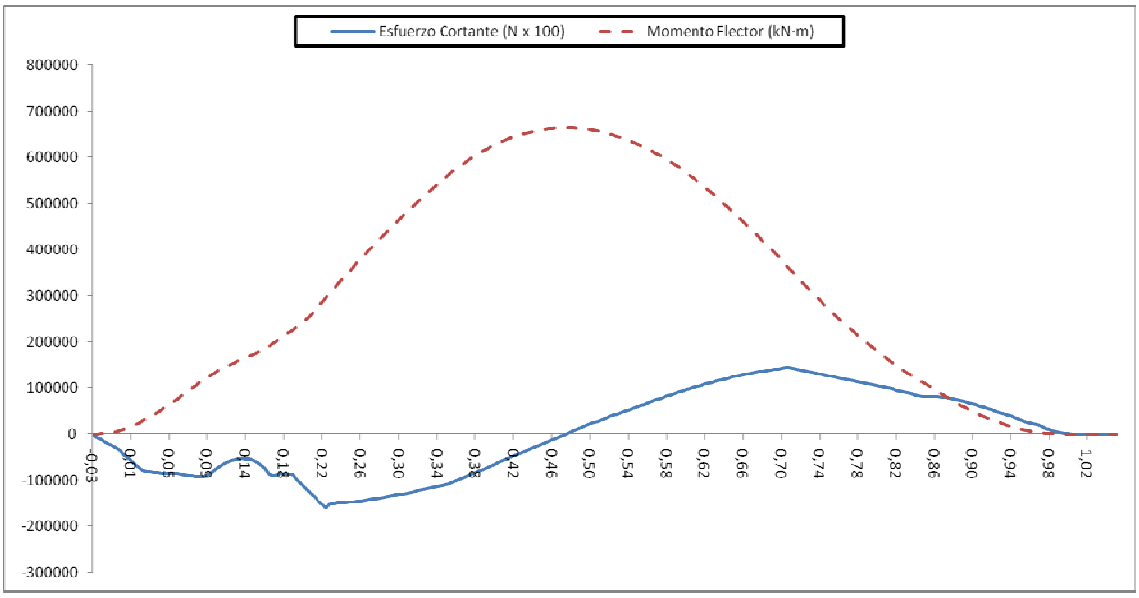
24. Carga homogénea 1,55 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.



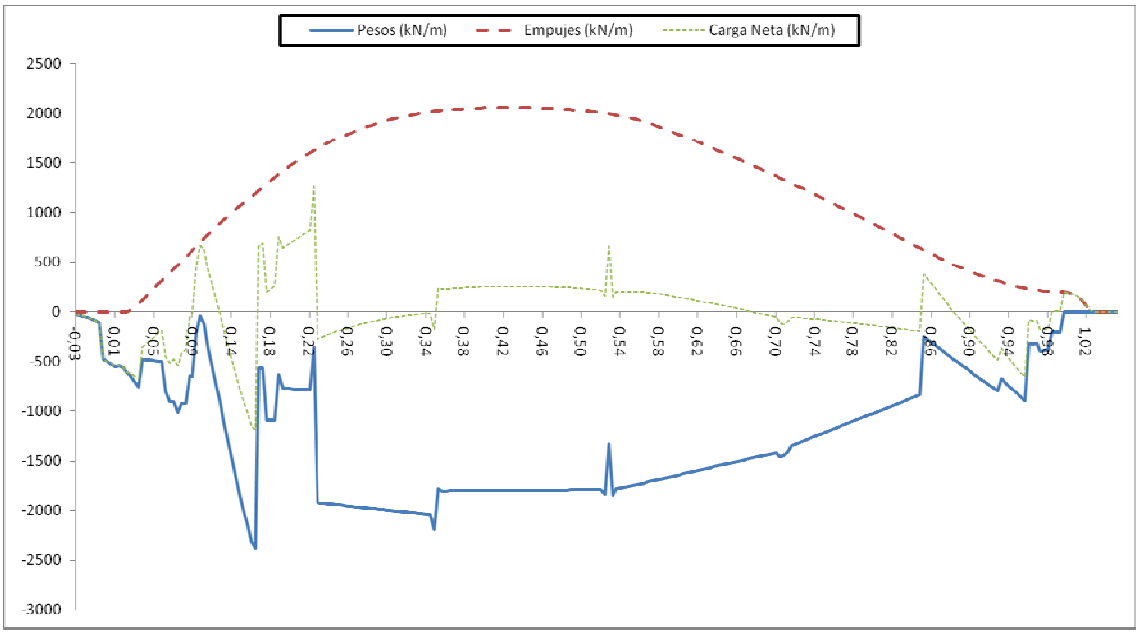


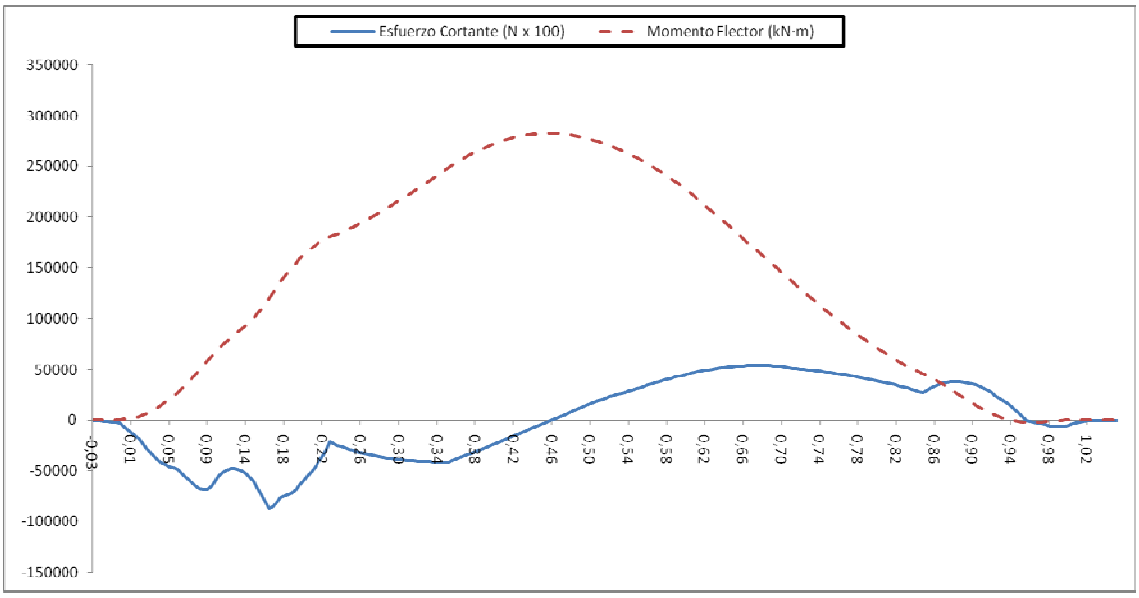
25. Carga homogénea 1,80 m^3/t, 100% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.



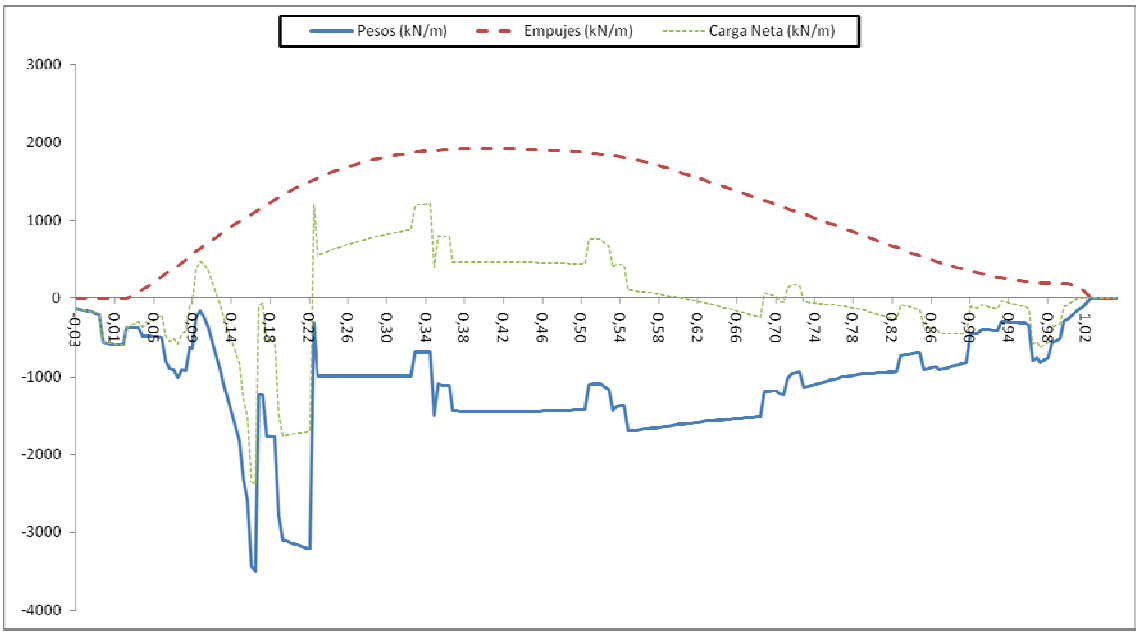


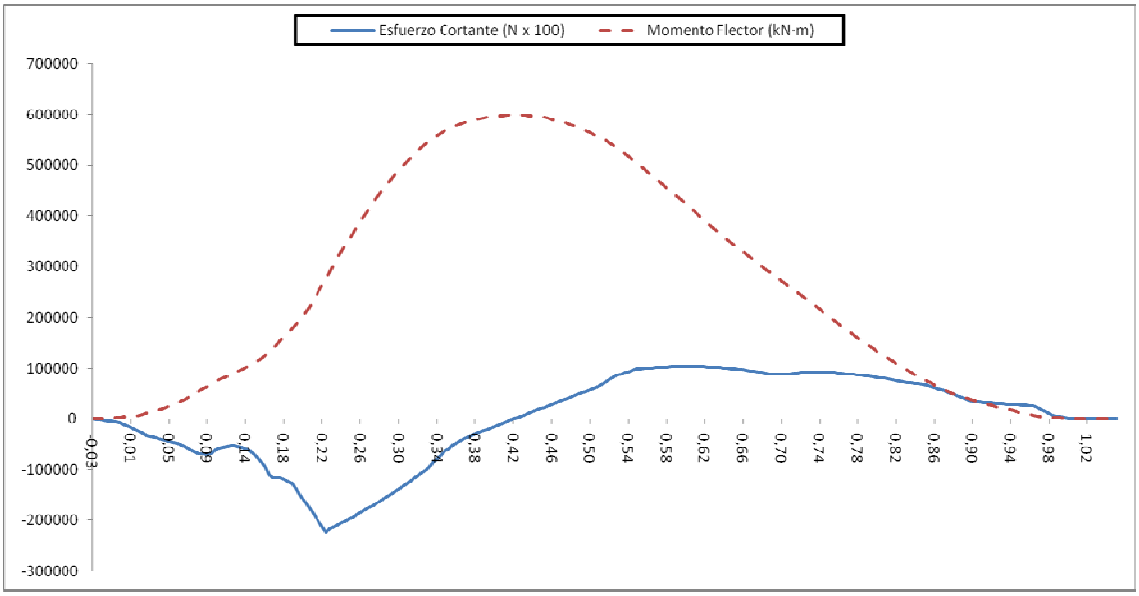
26. Carga homogénea 1,80 m^3/t, 10% consumos, tanques de aceites vegetales vacíos.



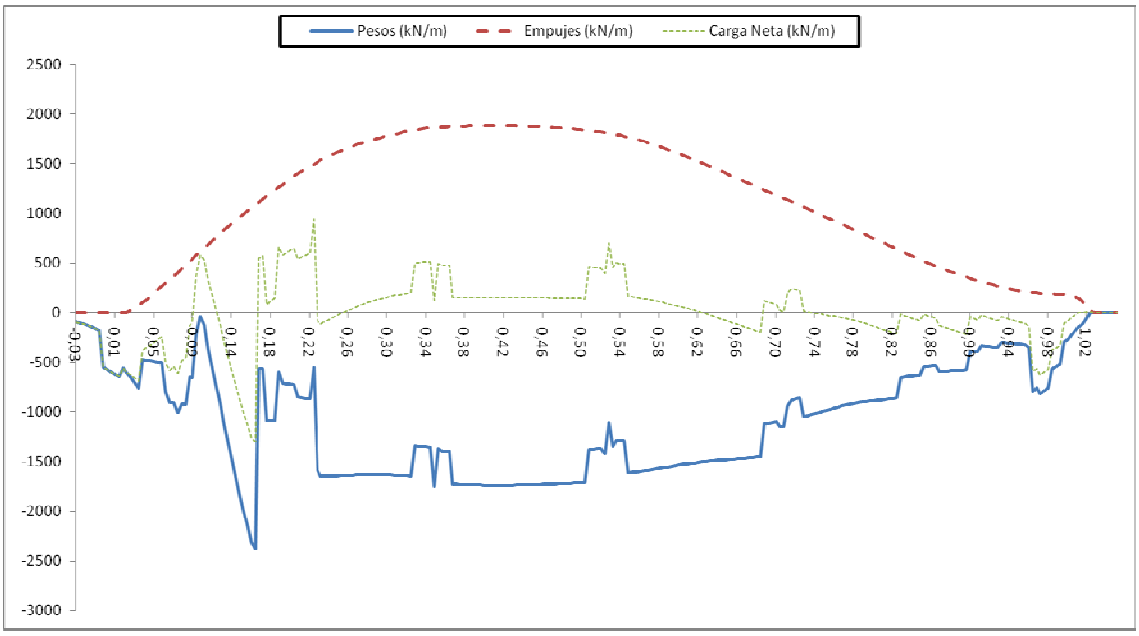


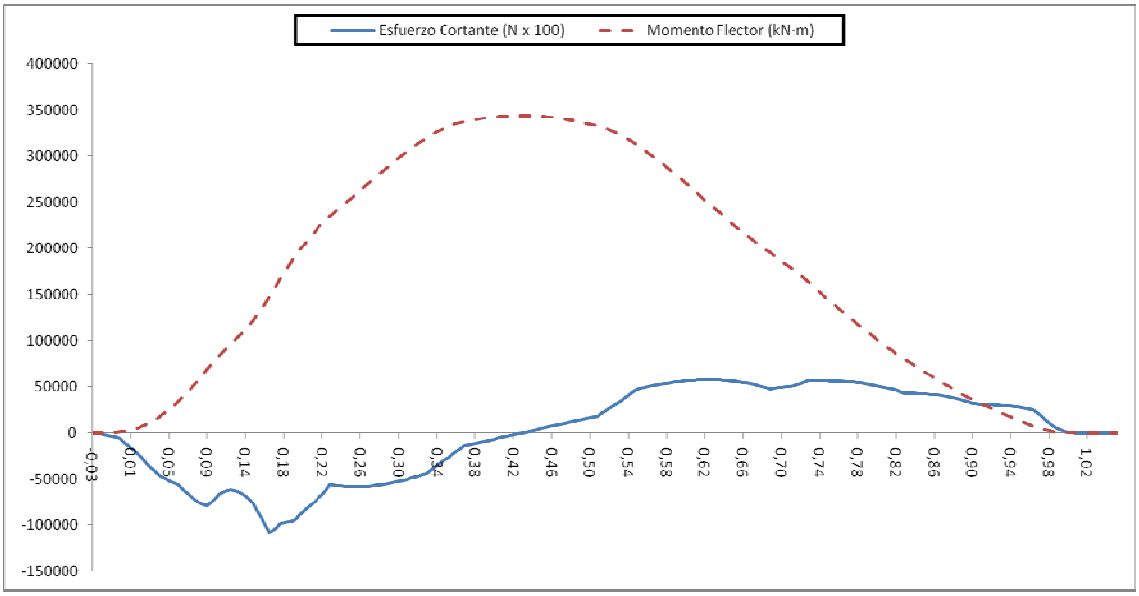
27. Contenedores en bodegas y cubierta, 100% consumos.





28. Contenedores en bodegas y cubierta, 10% consumos.





BUQUE POLIVALENTE 20000 TPM

CUADERNO Nº 10
EQUIPOS Y SERVICIOS

Proyecto nº 1674
Tutor: D. Francisco Alonso Thous

Jesús Enrique Terciado Terciado

Antonio Villalba Herreros

INDICE

1-. INTRODUCCIÓN

En este cuaderno se describirán los diferentes equipos y servicios que forman parte del buque y que no han sido descritos en el cuaderno 7 de Cámara de Máquinas. Los equipos estudiados aquí corresponden a los siguientes servicios:

- Equipo de fondeo, amarre y remolque: El cálculo del equipo de amarre y fondeo se realizará según lo indicado por el GL y lo indicado en el libro “Equipo y Servicios” Volumen II: Fondeo, amarre y remolque, de D. Eduardo Comas Turnes. ETSIN.
- Equipo de salvamento: Estará de acuerdo con lo exigido por el SEVIMAR.
- Servicio de achique, lastre y contraincendios: Se calcularán, siguiendo lo indicado por el GL y el libro “Equipo y Servicios” Volumen IV: Achique de sentinas y lastre, de D. Eduardo Comas Turnes. ETSIN, los diámetros de las tuberías del servicio de achique y las bombas necesarias, tanto para este servicio como para el de lastre y contra incendios.
- Servicio de extinción de incendios: Estará de acuerdo con lo exigido por el SEVIMAR.
- Servicio antiescora: Se definirán los tanques empleados como antiescora y las bombas necesarias.
- Servicio sanitario: Para su cálculo se seguirá lo indicado en los apuntes de la asignatura Equipo y Servicios.
- Servicios de fonda y hotel: Se incluirán los equipos de la cocina, gambuza y lavandería.

- Servicio de acondicionamiento de aire: Se incluirá todo lo relacionado con la ventilación y el aire acondicionado, tanto de la habilitación como de la Cámara de Máquinas.
- Equipo de navegación, comunicaciones y automatización: Se incluirán los aparatos que se instalarán en el puente para permitir la correcta navegación del buque, así como los equipos de comunicaciones y automatización.
- Servicios varios: Se incluirán los equipos necesarios para la estiba de la carga y los medios de mantenimiento y elevación tales como el ascensor y las diversas herramientas que se dispondrán en los talleres de la Cámara de Máquinas.

Las características de algunos de los elementos que forman parte de los diferentes equipos se tomarán iguales a los correspondientes elementos de buques ya construidos.

2-. EQUIPO DE FONDEO, AMARRE Y REMOLQUE

2.1-. Numeral de equipo

El numeral de equipo se calcula como sigue:

$$N = \Delta^{2/3} + 2 \cdot h \cdot B + \frac{A}{10}$$

donde: Δ = Desplazamiento de trazado para el calado de verano, en toneladas.

B = Manga de trazado máxima, en metros.

H = altura efectiva, en metros, desde la flotación en carga de verano hasta superestructura o caseta más alta que tenga una manga superior a B/4.

A = área, en m^2, en el plano de crujía, del casco, superestructuras y casetas, que se encuentren por encima

de la flotación de verano, dentro de la eslora reglamentaria del buque y que tengan además una manga superior a B/4.

Los valores de estas magnitudes son los que siguen:

Δ = 23.000 t

B = 25 m

H = 22,65 m

A = 1.141 m^2

Así pues, el numeral de equipo resulta:

$$N = 23.000^{2/3} + 2 \cdot 22{,}65 \cdot 25 + \frac{1.141}{10} = 2.055$$

que, según la tabla 18.2 del reglamento del Germanischer Lloyd's, está comprendido entre 1.930 y 2.080.

Este número nos ayudará a calcular las características del equipo de fondeo amarre y remolque.

2.2-. Características del equipo

2.2.1-. Anclas

Dado el numeral de equipo calculado en el apartado anterior, el reglamento nos dice que debemos llevar dos anclas sin cepo de 6.000 kg cada una, colocando una a babor y otra a estribor. Además, y como respeto, se instalará otro ancla de las mismas características que las anteriores. Ésta quedará instalada en la cubierta del castillo de proa.

Tras contrastar entre los diversos tipos de anclas existentes en el mercado, elegimos, como opción que mejor se adapta, un ancla tipo "Hall" de 6.000 kg.

2.2.2-. Cadenas y caja de cadenas

La cadena será de eslabón con contrete; según la tabla anterior, el largo de la cadena del ancla ha de ser de 577,5 m, y el diámetro del redondo de los eslabones será de 60 mm, que es el diámetro que corresponde al eslabón

hecho de acero de calidad extra especial (grado 3). También teníamos las opciones de acero dulce (grado 1) y de acero de calidad especial (grado 2), que nos ofrecían un diámetro de 78 y 68 mm, respectivamente pero descartadas debido a su mayor peso.

Con el eslabón escogido, estas son las principales características de la cadena de nuestro buque:

Material:	acero de calidad extra especial, grado 3
Diámetro, “d”:	60 mm
Resistencia a la tracción mínima:	610 N/m^2
Longitud total:	577,5 m
Número de largos (de 27,5 m):	21 (lo que nos indica que llevaremos 11 largos a una banda y 10 a la otra)
Carga de prueba de la cadena:	2.160 kN
Carga de rotura de la cadena:	3.090 kN
Peso del eslabón de la cadena:	2.451 kg
Peso de la cadena:	51.471 kg

Los largos de la cadena irán unidos mediante grilletes tipo Kenter con pasadores de acero inoxidable. Además, los largos irán debidamente señalados. Para amarre a la caja de cadenas se dispondrá un dispositivo tipo normalizado, mediante el cual, se puede soltar el último eslabón quitando un pasador desde el interior de la caja de cadenas y situado en la cubierta de los pañoles de proa.

Con objeto de estibar la cadena de las anclas, se construirán debajo de cada molinete y a proa del mamparo de colisión dos cajas de cadenas. Para ver su volumen tenemos que utilizar la siguiente expresión:

$$V = 1{,}1 \cdot d^2 \cdot \frac{L}{100.000}$$

donde: "d", es el diámetro del redondo a partir del cual se ha construido el eslabón (60 mm)

"L", es la longitud de la cadena a estibar (11 largos = 302,5 m)

Así, el volumen de cada caja de cadenas es:

$$V = 1{,}1 \cdot 60^2 \cdot \frac{302{,}5}{100.000} = 11{,}98 m^3$$

y el volumen total de caja de cadenas es 23,96 m^3.

En este volumen no está considerado el espacio para el drenado ni el de caída de la cadena o acceso a la caja, o sea, que a la altura de caja de cadenas determinada a partir de este volumen habrá de sumársele 1,6 metros (1,2 para caída de cadena y acceso y 0,4 para drenado).

Cada una de las dos cajas de cadenas es de forma cuadrada, de dimensiones 2.448 x 2.448 mm, para que coincida con cuatro longitudinales, por tanto su altura mínima tendrá que ser:

$$h_{\min} = \frac{V}{A} + 1{,}6 = \frac{11{,}98}{2{,}448 \cdot 2{,}448} + 1{,}6 = 3{,}60 m$$

Se adoptará una altura de 3,7 metros para cada caja.

2.2.3-. Molinetes de anclas

Con el fin de efectuar las maniobras de arriado e izado de las anclas en las operaciones de fondeo así como para ayudar a las maniobras de las amarras en la zona de proa, se instalarán dos unidades combinadas molinete-chigre de amarre de accionamiento eléctrico-hidráulico, puesto que es la selección más adecuada desde el punto de vista de mantenimiento, y así lo exige la especificación del proyecto.

Cada molinete dispondrá de un barbotén de acero fundido para manejo de la cadena del ancla; de un tambor liso de tensión constante, capaz de manejar cables reglamentarios a una tensión y velocidad iguales a las que se

indican para los chigres de amarre (16 t y 15 m/min); y de un cabirón. También dispondrá de embrague y freno.

El manejo de los cables de amarre se llevará a cabo con unos barbotenes desembragados y el freno echado.

Para calcular la potencia necesaria en el molinete, se debe considerar, en primer lugar, las formas de trabajo que se le exigirán. Tomando esto en consideración, existen tres fases distintas:

1. La primera fase comprende el movimiento del buque desde su posición inicial en que se encuentra, bien sea atracado o fondeado, hasta que se coloca encima del ancla. Cuando termina esta primera fase, la longitud de la cadena que queda por cobrar es ligeramente superior a la profundidad más la distancia de la boca del escobén a la flotación. En el cálculo de la potencia no se considera esta primera fase, puesto que, en caso necesario, el buque podría pasar a la segunda con la ayuda de la máquina propulsora.
2. La segunda fase consiste en el despegue del ancla del fondo. El esfuerzo necesario para el despegue se puede considerar el equivalente a dos veces el peso del ancla fuera del agua.
3. La tercera fase consiste en el levado del ancla y la cadena hasta que aquella quede estibada en el escobén. Esta fase es la que influye directamente en el cálculo de la potencia del molinete.

Para calcular la potencia de izado de la cadena y del ancla, se suele suponer que se deben izar tres o cuatro largos de cadena y el ancla a una velocidad de comprendida entre 8 y 12 m/min, y que, tanto el ancla como los largos considerados, estén totalmente sumergidos. De esta forma, el peso de la cadena y el ancla a izar será, tomando como densidad para el acero 7,9 t/m^3 y para el agua, 1,025 t/m^3:

$$P_T = (P_c + P_a) \cdot \left(1 - \frac{1{,}025}{7{,}9}\right) \cong 0{,}87 \cdot (P_c + P_a)$$

donde P_c y P_a son el peso de la cadena y del ancla, respectivamente.

Para el buque proyecto, dado que el peso de cada eslabón de la cadena es de 2.451 kg y el del ancla de 6.000 kg, se tiene que:

$$P_T = 0{,}87 \cdot (4 \cdot 2.451 + 6.000) = 13.749{,}5 kg$$ [1]

La potencia requerida en CV para izar la cadena y el ancla es:

$$P = \frac{0{,}87 \cdot (P_c + P_a)}{60 \cdot 75 \cdot r} \cdot v \cdot f$$

siendo: P_c = peso de la cadena fuera del agua, en kg

P_a = peso del ancla fuera del agua, en kg

V = velocidad de izado, en m/min (se tomará 12 m/min)

r = rendimiento mecánico del molinete, que se toma como 0,6

f = coeficiente de rozamiento en el estopor y el escobén, se toma un valor de 2

De todo ello tenemos que la potencia es:

$$P = 122{,}2 CV$$

Así, incluyendo el rendimiento del motor eléctrico (lo estimamos cercano a 0,85), la potencia eléctrica absorbida por el molinete será de 107,8 kW

Para zafar el ancla del fondo es necesario dotar al molinete de una velocidad más corta para que la potencia anterior sea capaz de vencer el poder de agarre del ancla. Suponiendo que el despegue se puede conseguir con un esfuerzo equivalente a dos veces el peso del ancla fuera del agua , y, llamando v_2 a la velocidad corta, se tendrá que la potencia necesaria para zafar el ancla del fondo es:

[1] Son 4 los eslabones de la cadena fuera del agua

$$P = \frac{0{,}87 \cdot (P_c + P_a) + 2 \cdot P_a}{60 \cdot 75 \cdot 0{,}6} \cdot v_2 \cdot 2 = \frac{7.352{,}4 + 2 \cdot 6.000}{60 \cdot 75 \cdot 0{,}6} \cdot v_2 \cdot 2 = 14{,}34 \cdot v_2$$

y tomando la potencia calculada anteriormente para el molinete, se tiene que la velocidad de zafado del ancla es:

$$v_2 = 8{,}52 m/\min$$

Cuando se navega en mal tiempo y no se ha dejado bien trincada la cadena con el estopor, puede suceder que con un pantocazo resbalen la cadena y el ancla. En esta situación, si no se tiene suficiente potencia en el molinete para levantar todos los largos de cadena que lleva engrilletado el ancla, el buque se verá obligado a navegar con ancla y cadena colgando. Para evitar esta situación, es recomendable comprobar que el molinete, en la velocidad más corta, 8,02 m/min en nuestro caso, es capaz de levantar 12 eslabones de la cadena y el ancla, para lo cual, la potencia necesaria es:

$$P = \frac{0{,}87 \cdot (12 \cdot 2.451 + 6.000)}{60 \cdot 75 \cdot 0{,}6} \cdot 8{,}52 \cdot 2 = 194{,}43 CV$$

Dado que el molinete sólo dispone de 122 CV, no es posible levantarla. Hay dos soluciones para este problema: aumentar la potencia o disminuir la velocidad corta. Tomamos la última, quedando dicha velocidad, definitivamente, en 4,67 m/min.

2.2.4-. Escobén

Con objeto de retener la cadena, tanto durante la navegación como cuando el buque está fondeado, se instalará un estopor de rodillos. Durante la navegación, la tensión en la cadena se produce por la inercia del peso del ancla al moverse con el cabeceo del buque. Cuando está fondeado, existirá la tensión debido al peso de la cadena y a la acción sobre el buque de los vientos y corrientes. El estopor debe ser cerrado únicamente cuando la cadena ha sido totalmente frenada, pues no se trata de un freno; su misión es solamente hacer firme la cadena.

El estopor será de rodillos porque es el más utilizado actualmente, debido a que disminuye el rozamiento de la cadena en el escobén.

Para determinar el diámetro mínimo del interior de la bocina del escoben se empleará la siguiente fórmula empírica:

$$D = [(100 - d) \cdot 0{,}03867 + 7{,}5] \cdot d$$

donde: D = diámetro de la bocina del escoben, en mm

d = Diámetro del redondo del eslabón, en mm

En nuestro caso, el diámetro del redondo de eslabón es de 60 mm, por lo que el diámetro de la bocina del escoben será:

$$D = [(100 - 60) \cdot 0{,}03867 + 7{,}5] \cdot 60 = 542{,}8mm$$

2.3-. Equipo de amarre y remolque

2.3.1-. Cabos de amarre

Siguiendo las recomendaciones dadas por la Sociedad de Clasificación en su reglamento (tabla 18.2), se instalarán en el buque proyecto:

- Cable de remolque	Longitud total: 220 m
	Carga de rotura: 1.170 kN (119.306 kg)
- Amarras	Número de amarras: 5
	Longitud de cada una: 190 m
	Carga de rotura: 400 kN (40.788 kg)

Con objeto de afirmar adecuadamente los cabos de amarre, se instalarán los siguientes elementos:

- A proa en cada banda:
  - 4 bitas de amarre de doble columna
  - 1 gatera panamá simple
  - 2 rodillos guía
- A popa en cada banda
  - 4 bitas de doble columna
  - 1 gatera panamá simple
  - 1 rodillo guía
  - 3 gateras simples

- A proa en crujía
    - 1 gatera simple
    - 1 rodillo guía
- A popa en crujía
    - 1 gatera panamá simple
    - 1 rodillo guía
- Entre bodegas 1 y 2, y 4 y 5 a cada banda
    - 1 bita de doble columna
    - 1 gatera simple
    - 1 gatera panamá simple

Además, se instalarán dos molinetes de anclas en proa con sus correspondientes cabirones, tres chigres en popa y otros dos en crujía, entre las escotillas 1 y 2, y entre la 4 y 5.

2.3.2-. Chigres

2.3.2.1-. Chigre de amarre

El buque dispondrá de 4 chigres de amarre de accionamiento electro-hidráulico de 16 t de capacidad a 15 m/min, provistos, cada uno, de un tambor desembragable con freno de tensión constante y un cabirón.

Se instalarán dos a popa y dos en la zona de bodegas (entre las bodegas 1 y 2, y entre la 4 y la 5). La potencia útil de cada chigre será:

$$P = \frac{16 \cdot 9{,}8 \cdot 15}{60} = 39{,}2kW$$

Suponiendo un rendimiento mecánico del accionamiento eléctrico de 0,6, y que el rendimiento del motor eléctrico que acciona el chigre es del 85%, la potencia eléctrica de dicho motor es:

$$P = \frac{39{,}2}{0{,}6 \cdot 0{,}85} = 77kW$$

2.3.2.2-. Chigres para maniobra de escalas reales

Se instalarán dos chigres, uno a cada banda, para maniobra de las escalas reales, con potencia eléctrica de 2 kW.

2.3.2.3-. Chigres para embarcaciones de supervivencia

Se instalará un chigre accionado por un motor eléctrico para el izado de la embarcación de salvamento.

El cálculo de la potencia a instalar se puede realizar suponiendo un peso de la embarcación de 2.200 kg, portando el total de la tripulación a un peso de 80 kg por tripulante más un 20% de margan de víveres, salvavidas y demás instrumentos.

La fuerza de tracción será:

$$(2.200 + 27 \cdot 80) \cdot 1{,}2 = 5.232 kg$$

Considerando una velocidad de izado de 8 m/min y un rendimiento mecánico de 0,6, la potencia del motor a instalar será:

$$P = \frac{5.232 \cdot 9{,}81 \cdot 8}{60 \cdot 0{,}6} = 11{,}406 kW$$

y la potencia absorbida por el motor, estimando un rendimiento de 0,9, será:

$$P = \frac{11{,}406}{0{,}9} = 12{,}7 kW$$

3-. EQUIPO DE SALVAMENTO

De acuerdo con el reglamento de SOLAS, este equipo estará integrado por los elementos siguientes:

- Un bote salvavidas con pescante de caída libre, fabricado de poliéster reforzado con fibra de vidrio, con capacidad para 30 personas y propulsado por un motor diesel con combustible para 24 horas a 4 nudos, refrigerado por aire y de arranque en frío a mano.

  Estará situado a popa de la superestructura y estará suministrado con el equipo reglamentario correspondiente. Se grabarán sus características y nombre del buque. Todos los herrajes del bote serán de acero galvanizado.

Se instalará un juego de pescantes por gravedad para accionamiento del bote salvavidas. El izado del bote se efectuará por medio de chigres accionados por motores eléctricos fijos; dichos chigres podrán también accionarse manualmente.

Al nivel en que está colocado el bote salvavidas, se deberá disponer una plataforma de embarque de aproximadamente 1.200 mm con una escalera de acceso. Tanto ésta como la rampa de lanzamiento deberán estar diseñadas para soportar el nivel de vibraciones que pudiera originarse durante la operación.

- Un bote neumático de rescate, equipado con motor fueraborda, operado desde pescante, con capacidad para 6 personas. El consumo eléctrico de los chigres de accionamiento del pescante se estima en 17 kW.
- Cuatro balsas salvavidas auto-inflables con capacidad para 16 personas cada una. Se dispondrán dos a cada banda de la superestructura.
- Una balsa salvavidas auto-inflable para 6 personas, situada a proa.
- Chalecos salvavidas para cada uno de los tripulantes más un 50% de respeto, sumando un total de 46 unidades como mínimo.
- Aros salvavidas en número mínimo de doce.
- Existirá, por encima de la cubierta de cierre y en una zona alejada del guardacalor, una batería de acumuladores con capacidad para alimentar 3 horas el alumbrado de emergencia.

4-. EQUIPOS DE CARGA

4.1-. Grúas

El buque estará equipado con tres grúas, dos de ellas con una capacidad de 50 t cada una y un alcance de 32 m, y una doble de 45 t a 30 m y 50 t a 27 m, tal como lo exige la especificación del proyecto, situadas entre las escotillas, como se muestra en el plano de disposición general. Suponemos una velocidad de izado estándar de estas grúas de 19 m/min.

Hemos de calcular la potencia que van a requerir las grúas cuando estén funcionando. Para ello, podemos diferenciar el movimiento de la carga en 6 estados:

1. Izado con carga desde la bodega
2. Giro con carga
3. Descenso con carga
4. Izado con carga desde fuera
5. Giro sin carga
6. Descenso sin carga hasta las bodegas

El que más nos interesa es el izado con carga desde la bodega, pues es, con diferencia, el que más potencia requiere:

$$P = \frac{F \cdot v}{\eta} = \frac{m \cdot g \cdot v}{\eta}$$

siendo: m, la masa que levanta la grúa

v, la velocidad de izado en m/s. $v = \frac{19m}{\min} \cdot \frac{1\min}{60s} = 0{,}319 m/s$

g, aceleración de la gravedad

η, rendimiento total de la grúa (incluyendo el mecánico - 0,5 - y el eléctrico - 0,8 -)

Así, la potencia máxima demandada por cada grúa será:

Tipo de grúa	Potencia
50 t a 32 m	390,78 kW
50 t a 27 m	390,78 kW
45 t a 30 m	351,7 kW

Suponemos también que la maniobra de izado de la carga será, aproximadamente, un 20% del tiempo de operación, y que, en la peor situación, habrá dos grúas levantando carga simultáneamente. Todo esto a efectos de completar el balance eléctrico.

4.2-. Ventilación de las bodegas de carga

Los espacios de las bodegas de carga tendrán únicamente ventilación natural, proporcionada por manguerotes de tipo normalizado, situados sobre las tapas de escotilla. Se instalarán en las tapas de escotilla dos conductos de 800 mm de diámetro por bodega.

Los manguerotes o sus conductos/soportes tendrán cierre contraincendios. Estos cierres serán de acero laminado. No se montarán conductos de ventilación en el interior de las bodegas de carga.

4.3-. Cierres metálicos de las bodegas de carga

Sobre las brazolas de cada una de las escotillas de las bodegas de carga, situadas en la cubierta de intemperie, se dispondrán cierres corrugados estancos de “desplazamiento lateral” tipo “side-rolling”, maniobrados mediante un equipo hidráulico. Los cierres no dispondrán de ningún reforzado especial para llevar carga encima.

Los cierres se harán estancos al agua por medio de juntas de goma con compresión limitada, que se colocarán en todo el contorno por medio de trincas de acero, de accionamiento manual.

La central de maniobra hidráulica estará compuesta de dos electrobombas y un depósito de aceite del volumen apropiado al caudal de las bombas con sus correspondientes accesorios. Se situará en el local de aire acondicionado y maquinaria frigorífica. Atendiendo al buque base, la potencia de cada bomba es de 11 kW, actuando una como reserva de la otra.

El accionamiento de las tapas de escotilla se hará por medio de una cremallera con sus correspondientes guías y un motor hidráulico por panel de escotilla, con su correspondiente mando para cada escotilla situado próximo a ésta. La elevación de los paneles se hará mediante cilindros hidráulicos.

El circuito hidráulico permitirá una velocidad de apertura relativa entre paneles de escotilla de 10 m/min sin simultaneidad con los restantes.

Para poder efectuar la limpieza de las bodegas de una manera segura mientas se está navegando, las tapas de las escotillas dispondrán de sus propios medios para mantenerse abiertas durante la navegación del buque. Así, se podrán soportar grandes escoras del buque con las tapas de las escotillas abiertas.

Para emergencia se dispondrá de una bomba manual para accionamiento de los gatos y un juego de tracteles para apertura, incluyendo los elementos de maniobra.

5-. SERVICIOS DE ACHIQUE Y LASTRE

Se proyectará de manera que permita achicar cualquier local estanco, por lo menos por una aspiración, cuando el buque, con asiento normal, está adrizado o escorado menos de 5º. Para este fin se instalarán, tanto en las bodegas como en la cámara de máquinas, pozos de achique y aspiraciones en las esquinas de cada banda. En los compartimentos de agua de lastre el emplazamiento de las aspiraciones será tal que los trasiegos de agua de mar puedan realizarse convenientemente en las condiciones normales de explotación del buque.

Los circuitos de achique y lastre serán independientes entre sí y de los circuitos de aceite, combustible y demás cargas líquidas. En cambio, las bombas serán compartidas por los dos servicios.

5.1-. Servicio de achique de sentinas

En cada una de las bodegas del buque se dispondrán dos aspiraciones, una a babor y otra a estribor, y las dos a popa, lo más próximas posibles al mamparo de popa de la bodega. Cada una de ellas estará provista de un cestillo y de una válvula de no retorno. Estas aspiraciones, llamadas pozos de sentina, estarán conectadas, mediante válvulas de mariposa de accionamiento neumático a distancia, a un colector de sentinas situado en la parte central del doble fondo.

5.1.1-. Colector de sentinas

El colector de sentinas no es más que una tubería, dispuesta a lo largo de, prácticamente, toda la eslora del buque, que se encarga de recoger todos los achiques procedentes de los distintos pozos de sentina, gracias a la aspiración efectuada por la bomba de achique.

El diámetro interior de la tubería principal de sentinas no será inferior a lo que se exige por la siguiente fórmula, según la Sociedad de Clasificación, con aproximación de 5 mm, pero en ningún caso el diámetro deberá ser menor que el requerido para cualquier aspiración secundaria de sentinas:

$$d = 1{,}68 \cdot \left[L_{pp} \cdot (B + D)\right]^{1/2} + 25$$

donde:	L = Eslora entre perpendiculares, en m:	152,9 m
	B = Manga del buque, en m:	25,0 m
	D = Puntal a la cubierta de francobordo, en m:	14,4 m

Por tanto, el diámetro interior del colector habrá de ser:

$$d = 1{,}68 \cdot \left[152{,}9 \cdot (25 + 14{,}4)\right]^{1/2} + 25 = 155{,}40 mm$$

De acuerdo con la regla del GL, el diámetro interior de la tubería a disponer debe coincidir con los establecidos en la tabla 11.6 del mismo

reglamento, que corresponden con diámetros y espesores normalizados para tuberías, que son los comerciales.

Acudiendo a dicha tabla, y teniendo en cuenta que el colector atravesará algún tanque de combustible, y que el reglamento permite una tolerancia de 6 mm, se tiene que el diámetro del colector:

D_{ext} = 177,8 mm Espesor = 4,5 mm D_{int} = 168,8 mm

que es el más aproximado al valor calculado por la ecuación de la regla.

5.1.2-. Ramales a bodegas

Para el cálculo del diámetro interior de los ramales a bodegas se emplea la siguiente expresión:

$$d = 1{,}68 \cdot \left[C \cdot \left(B + D\right)\right]^{1/2} + 25$$

donde: C es la eslora correspondiente a cada bodega o compartimento para el que se quiera calcular, en m (19,22; 27,90; 27,90; 21,70; 12,40, respectivamente para cada bodega)

B es la manga de trazado, en m (25,0 m)

D es el puntal a la cubierta de francobordo, en m (14,4 m)

Así, para cada bodega tendremos su diámetro correspondiente:

Bodega	Diámetro
1	71,23 mm
2	80,70 mm
3	80,70 mm
4	74,12 mm
5	62,13 mm

El achique del compartimento del servomotor se realizará por medio de una tubería provista de una válvula automática en su extremo que descargará en el pozo de sentinas de la cámara de máquinas. El diámetro interior de la tubería de descarga será de 38 mm.

El achique de la zona a proa del pique de proa, se realizará por medio de una bomba eléctrica para fangos, que también será la encargada de achicar la caja de cadenas, incluido el fango que pueda acumular.

5.1.3-. Cámara de máquinas

En el plan de los espacios de máquinas suele haber siempre alguna cantidad de agua mezclada con combustible y aceite debido a unas pérdidas en los circuitos de tuberías o en las prensas y en los sellos de bombas. Es importante no dejar acumular en las sentinas de los espacios de máquinas estas pérdidas y deben achicarse cada cuatro horas o menos si son importantes, ya que, en el caso de que exista algún poro en la soldadura, fisuras o alguna junta de tapa o bridas de tubería en mal estado, este líquido puede pasar a los tanques de doble fondo del espacio de máquinas, contaminando el aceite u otro líquido que se pueda almacenar allí.

Debido a esta importancia de evacuar pronto el agua, los reglamentos exigen que en los espacios de cámara de máquinas se deba poder realizar el achique de tres formas diferentes:

1. Por un sistema similar al de las bodegas. Montaremos, para ello, una red de tuberías para unir las aspiraciones dispuestas en la cámara de máquinas con el colector principal de donde aspiran las bombas. Al tener la planta de la cámara de máquinas una sección trapezoidal, se instalará para este sistema de achique tres pozos, dos a proa y uno a popa.
2. Directamente desde las bombas de sentinas. Para ello disponemos de tuberías directamente conectadas con las bombas. Los pozos tendrán las mismas posiciones que en el sistema anterior. De esta forma, aunque el colector principal quede fuera de servicio, se podrá continuar al achicado del espacio.

3. Por un sistema de emergencia. Para este caso dispondremos una aspiración en contacto con las bombas de circulación principal de agua salada. En caso de que los dos sistemas anteriores fallen, se podrá achicar el agua por ella. El pozo conectado a esta bomba será único.

Los diámetros de los ramales de las aspiraciones señaladas serán:

a) Para la aspiración a través del colector principal se utiliza la misma expresión que para las bodegas, con una eslora de 28,50 m.

   El diámetro interior así obtenido es 81 mm, y la solución comercial más próxima es:

   D_{ext} = 88,9 mm Espesor = 2,9 mm D_{int} = 83,1 mm

b) Para la aspiración directa, se tomará el mismo diámetro que para el colector principal.

c) Para el sistema de emergencia, se tomará el mismo diámetro que el de aspiración de la bomba de circulación principal.

5.1.4-. Bombas de achique de sentinas

Para buques que no sean de pasaje, deben instalarse al menos dos bombas mecánicas que permitan achicar los diversos compartimentos del buque. En buques de más de 90 m de eslora, las dos deben ser de accionamiento independiente.

Se dispondrán bombas centrífugas con un sistema de auto-cebado incorporado. Pero, de todos modos, como son bombas a las que se las exige un caudal importante a una presión reducida, cuando la cantidad de agua a evacuar es pequeña, se suele descebar. Por ello, además de las dos bombas reglamentarias, se acostumbra a instalar una bomba alternativa de menor capacidad, que tiene la ventaja de no descebarse. Esta bomba se instalará para achicar de la cámara de máquinas las pérdidas de los circuitos interiores,

de las bodegas, el agua que haya podido entrar desde el exterior cuando las escotillas estaban abiertas y para ultimar el deslastrado de los tanques.

El caudal de las bombas dispuestas para el achique de sentinas será tal que se pueda imprimir al agua una velocidad mínima de 2 m/s, lo que equivale a decir que la capacidad de la bomba debe ser, como mínimo:

$$Q = 5{,}66 \cdot 10^{-3} \times d^2 \left(m^3 / h\right)$$

donde d es el diámetro interior del colector principal de sentinas, en mm.

En nuestro caso, d = 168,8 mm, por lo que Q = 161,3 m^3/h; pero, para tomar cierto margen de seguridad, elegiremos el caudal de las bombas para achique de sentinas de Q = 190 m^3/h.

La presión que debe dar a estas bombas ha de ser suficiente para descargar el agua desde las partes más bajas del buque al exterior, además de vencer las pérdidas de carga en circuitos. Las características de las bombas de achique a instalar serán las siguientes:

Unidades instaladas:	2
Unidades en servicio:	1
Tipo:	Bomba centrífuga autocebada accionada por motor eléctrico.
Caudal:	190 m^3/h
Presión de descarga:	25 m.c.a.
Rendimiento de la bomba:	0,75
Potencia del motor:	17,5 kW
Rendimiento eléctrico:	0,9
Potencia eléctrica absorbida:	19,4 kW

5.2-. Servicio de lastre

Para el llenado y achicado de los tanques de lastre es necesario disponer de una red de tuberías, así como unas bombas de capacidad adecuada, para que, en un tiempo conveniente y razonable, pueda llegarse a una distribución de pesos adecuada. Para que todos los tanques de lastre puedan ser llenados o achicados es necesario instalar dos sistemas de tuberías independientes; uno que se encargue del llenado, y el otro de dar entrada o salida al aire necesario (tuberías de aireación y rebose).

La tubería de relleno y achique de cada tanque terminará en la parte inferior de éste y lo más a popa posible, ya que, normalmente, el buque tiene asiento por popa. La tubería destinada a dejar pasar el aire del interior de los tanques debe colocarse en la parte superior del tanque en la zona de proa, que es la zona hacia donde fluirá el aire al ser desplazado por el agua.

Las bombas centrífugas autocebadas presentan la dificultad del deslastrado cuando el tanque del que extraen agua está casi vacío, ya que aspiran aire con el agua y se desceban. Para subsanar esto, se instalará una bomba alternativa de menor caudal con la que se finalizará el deslastrado.

Los tanques de lastre que dispone el buque son los siguientes:

Nombre del tanque	**Capacidad (m^3)**
Doble Fondo Tanque 1 Er	224,9
Doble Fondo Tanque 1 Br	224,9
Lastre Tanque 1 Bajo Er	219,8
Lastre Tanque 1 Bajo Br	219,8
Lastre Tanque 1 Medio Er	80,9
Lastre Tanque 1 Medio Br	80,9
Lastre Tanque 1 Alto Er	81,9
Lastre Tanque 1 Alto Br	81,9
Doble Fondo Tanque 2 Er	451,2
Doble Fondo Tanque 2 Br	451,2
Lastre Tanque 2 Bajo Er	273,6
Lastre Tanque 2 Bajo Br	273,6
Lastre Tanque 2 Medio Er	122,8
Lastre Tanque 2 Medio Br	122,8
Lastre Tanque 2 Alto Er	123,0

Nombre del tanque	Capacidad (m^3)
Lastre Tanque 2 Alto Br	123,0
Doble Fondo Tanque 3 Er	309,0
Doble Fondo Tanque 3 Br	309,0
Lastre Tanque 3 Bajo Er	346,7
Lastre Tanque 3 Bajo Br	346,7
Lastre Tanque 3 Medio Er	106,5
Lastre Tanque 3 Medio Br	106,5
Lastre Tanque 3 Alto Er	109,7
Lastre Tanque 3 Alto Br	109,7
Doble Fondo Tanque 4 Er	104,4
Doble Fondo Tanque 4 Br	104,4
Lastre Tanque 4 Bajo Er	237,1
Lastre Tanque 4 Bajo Br	237,1
Lastre Tanque 4 Medio Er	73,5
Lastre Tanque 4 Medio Br	73,5
Lastre Tanque 4 Alto Er	77,0
Lastre Tanque 4 Alto Br	77,0
Doble Fondo Tanque 5 Er	63,0
Doble Fondo Tanque 5 Br	63,0
Lastre Tanque 5 Bajo Er	43,7
Lastre Tanque 5 Bajo Br	43,7
Lastre Tanque 5 Medio Er	34,6
Lastre Tanque 5 Medio Br	34,6
Lastre Tanque 5 Alto Er	41,8
Lastre Tanque 5 Alto Br	41,8
Doble Fondo Bajo Empujador de Proa	18,17
Pique de Proa	254,1
Pique de Popa	143,8
Doble fondo empujador de proa	31,1

El volumen total de lastre será: V_T = 6.847,2 m^3, del cual, consideraremos que el 95% se deslastra con las bombas centrífugas, y el 5% restante, con la alternativa.

Otra consideración adicional es que las bombas han de ser capaces de deslastrar el buque en el mismo número de horas, como máximo, empleadas en cargar el buque. Si se considera que, para el deslastrado, son necesarias entre 20 y 24 horas, se tendrá que la capacidad de las bombas para el deslastrado será:

$$Q = \frac{0{,}95 \cdot 6.847{,}2}{20} = 325{,}24 m^3 / h$$

Por lo tanto, se dispondrán tres bombas centrífugas (una de ellas de reserva) autocebadas para el servicio de lastre. Suponiendo un pequeño margen adicional, se tiene que cada bomba centrífuga para lastre tiene una capacidad de: Q = 180 m^3/h.

Las características de las bombas instaladas son las siguientes:

Unidades instaladas:	3
Unidades en servicio:	2
Tipo:	Bomba centrífuga autocebada accionada por motor eléctrico
Caudal:	180 m^3/h
Presión de descarga:	25 m.c.a.
Rendimiento de la bomba:	0,75
Potencia del motor:	29 kW
Rendimiento eléctrico:	0,9
Potencia absorbida:	33 kW

Como bomba alternativa, se dispondrá una bomba alternativa accionada por un motor eléctrico. Dicha bomba, servirá para el deslastrado de la última parte de los tanques de lastre.

Para determinar el caudal de dicha bomba, se supondrá que debe deslastrar el 5% del volumen de lastre en un tiempo similar al empleado para dimensionar las bombas de lastre. Así:

$$V_5 = 0{,}05 \cdot 6.847{,}2 = 342{,}36 m^3$$

$$Q = \frac{342{,}36}{20} = 17{,}1 m^3 / h$$

Teniendo presente un ligero margen de seguridad para el caudal de la bomba a instalar, las características de la bomba alternativa serán:

Tipo:	Bomba alternativa accionada por motor eléctrico
Caudal:	20 m^3/h
Presión de descarga:	25 m.c.a.
Rendimiento de la bomba:	0,46
Potencia del motor:	7 kW
Rendimiento eléctrico:	0,8
Potencia eléctrica absorbida:	8,75 kW

6-. SERVICIO DE BALDEO Y CONTRAINCENDIOS

Se instalará en el buque un servicio de agua salada contra incendios y otro de baldeo, también de agua salada. El servicio de baldeo es el encargado de suministrar agua para la limpieza de cubiertas.

Ambos servicios utilizarán una red de tuberías, centralizada en un colector que recorre todo el buque, de donde salen ramales a las zonas de habilitación, cubiertas, cámara de máquinas, etc. Estos ramales alimentarán a bocas convenientemente distribuidas que se podrán utilizar por cualquiera de los dos servicios.

Sin embargo, el servicio de contraincendios no sólo dispone del agua proporcionada por esta red para combatir los incendios, sino también de otros agentes e instalaciones: una instalación de anhídrido carbónico fija, y varios extintores convenientemente distribuidos.

Para los dos servicios, se instalará un colector para el agua cuyo diámetro viene dado por la siguiente regla:

$$D = \frac{L_{pp}}{1{,}2} + 25 \text{ (en mm)}$$

Siendo L_{pp} la eslora entre perpendiculares, en metros, tenemos que su valor es: D = 154 mm. Pero como no es necesario que el diámetro exceda de

125 mm, su valor pasa a ser éste. El diámetro exterior tomado de los tamaños comerciales será de 139,7 mm, y el espesor obtenido para este diámetro es de 4,5 mm.

La presión debe estar próxima a los 7 kg/cm^2.

De acuerdo con la Regla 4 de SEVIMAR, no es necesario, en los buques de carga, que la capacidad total de las bombas contraincendios, aparte de la de emergencia, exceda de 180 m^3/h. Por otra parte, la misma Regla establece que cada una de las bombas contraincendios, con excepción de las de emergencia, tendrán una capacidad no inferior al ochenta por ciento de la capacidad total exigida (180 m^3/h) dividida por el número de bombas (dos). Para nuestro caso, esto representa que cada bomba no debe tener una capacidad inferior a 72 m^3/h.

La Regla 52 especifica que en todo buque de arqueo bruto igual o superior a 1.000 toneladas, habrá, al menos, dos bombas contraincendios de accionamiento independiente y, si el arqueo bruto es igual o superior a 2.000 toneladas, deberá existir una tercera bomba de emergencia de accionamiento eléctrico alimentada por el cuadro de socorro.

Para el cumplimiento de estas disposiciones se instalarán tres bombas de igual capacidad, una de ellas de emergencia. Sus características son:

- Bomba de baldeo y de contraincendios:

La norma establece que:

$$Q_{CI} = \frac{4}{3} \cdot Q_{ACHIQUE} = \frac{4}{3} \cdot 190 = 253{,}3 m^3/h > 180 m^3/h \Rightarrow Q_{CI} = 180 m^3/h$$

Unidades instaladas:	2
Unidades en servicio:	1
Tipo:	Centrífuga accionada por motor eléctrico.
Caudal:	90 m^3/h
Presión de descarga:	75 m.c.a.

Rendimiento de la bomba:	0,65
Potencia del motor:	29,0 kW
Rendimiento eléctrico:	0,9
Potencia eléctrica absorbida:	32,1 kW

- Bomba de contraincendios de emergencia:

Debe tener una capacidad no inferior al 40% de la capacidad total de las bombas de las reglas contraincendios y en todo caso no debe ser menor de 25 m^3/h, en nuestro caso:

$$Q = 180 \cdot 0{,}4 = 72 m^3 / h$$

Unidades instaladas:	1
Unidades en servicio:	1
Tipo:	Centrífuga accionada por motor eléctrico.
Caudal:	80 m^3/h
Rendimiento de la bomba:	0,65
Presión de descarga:	75 m.c.a.
Potencia del motor:	26 kW
Rendimiento eléctrico:	0,9
Potencia eléctrica absorbida:	28,5 kW

Las bombas aspiran de la tubería principal de tomas de mar y descargarán al servicio de baldeo y de contraincendios. Cada escobén dispondrá de tres toberas para lavado de las cadenas de anclas, las cuales estarán alimentadas por los ramales tomados de la tubería de contraincendios.

6.1-. Servicio de extinción de incendios

Se dispondrá una instalación fija de CO_2 para los espacios de cámara de máquinas. De acuerdo con la Regla II-2-a-5.2 del SOLAS, la cantidad de CO_2 disponible será suficiente para dar un volumen mínimo de gas libre igual al mayor de los siguientes:

1. El 40% del volumen del mayor espacio de máquinas protegido. Estimado el volumen del mayor espacio de máquinas en 4.894 m^3, ya excluidos los tanques, la maquinaria y el guardacalor (según su regla), el 40% del mismo corresponde a 1.957,6 m^3.

2. El 35% del volumen del mayor espacio de máquinas protegido, pero incluyendo el guardacalor, cuyo volumen puede estimarse en unos 150 m^3. Por lo tanto, el volumen a considerar será 1.765,4 m^3.

En consecuencia, el mínimo volumen de gas a liberar será de 1.957,6 m^3. Considerando, como se indica en la reglamentación, un volumen específico del CO_2 de 0,56 m^3/kg y un peso de cada botella de 45 kg, el número de botellas a utilizar será de:

$$N^o botellas = \frac{\frac{V_{espaciomáquinas}}{v_{CO_2}}}{P_{botella}} = \frac{\frac{1.957,6}{0,56}}{45} = 78$$

Las botellas serán almacenadas en un local independiente de todos los espacios protegidos y con acceso desde la cubierta de intemperie, y la escotilla de acceso, mamparos y cubierta límites del compartimento serán estancos al gas.

La tubería de descarga del CO_2 a la cámara de máquinas se conectará a tres tubos de distribución en anillo. Estos tubos de distribución estarán provistos de las adecuadas bocas de descarga e irán situados de la siguiente forma:

- Uno al nivel de la plataforma alta
- Uno al nivel de la plataforma baja
- Uno al nivel del piso

Se preverán salidas situadas en el interior de la cámara de purificadoras y salidas próximas al quemador de la caldera, calentador de fuel oil principal y tanques de servicio de combustible. También se instalará un sistema de alarma

de CO_2 en cámara de máquinas. El disparo de CO_2 producirá la parada automática de los ventiladores del espacio afectado. Asimismo, se instalará un sistema automático de rociadores, alarma y detección de incendios en la habilitación. Será del tipo de tuberías llenas.

7-. SERVICIO DE ACCESO

7.1-. Equipos exteriores de elevación

Para el manejo de provisiones y otros servicios, se instalará un polipasto eléctrico de 5 t de capacidad y dos velocidades de elevación, que se desplazará a lo largo de la manga a través de una viga carril. Dispondrá a cada banda de un brazo abatible que le permita sobresalir 4 m de la semimanga del buque.

7.2-. Escala real

Se colocarán dos escalas reales de un solo tramo de aproximadamente 12,7 m de longitud, una a cada banda del buque, las cuales irán estibadas sobre la cubierta. Los peldaños serán fijos, antideslizantes y curvos de manera que se pueda utilizar la escala con una inclinación entre 30º y 60º con la horizontal.

Para maniobra de las escalas reales, se dispondrán pescantes de tipo normalizado, accionados por chigres de capacidad adecuada. El accionamiento de estos chigres será por motor eléctrico fijo y la estiba será automática.

7.3-. Escalas de práctico

Se suministrará una escala de práctico, de una longitud suficiente para el alcance desde la cubierta principal a la línea de flotación en lastre.

7.4-. Ascensor y montacargas

Se instalará un ascensor de 320 Kg (4 personas) a 0,6 m/s de velocidad. Este ascensor efectúa varias paradas en la zona de habilitación / puente.

También se ha instalado un montacargas de 50 Kg para servicio entre gambuzas y cocina, con un consumo de 1,5 kW.

7.5-. Equipo de desmontaje

Para mantenimiento del motor principal se dispondrá sobre el mismo un puente grúa de 5 t, según recomendación del fabricante del motor. Los movimientos de la grúa se efectuarán eléctricamente. El gancho tendrá dos velocidades de elevación: 4 y 1,5 m/min. El control se efectuará desde una botonera suspendida de la grúa y accesible desde el piso de culatas del motor propulsor. Tanto el movimiento longitudinal como el transversal del puente se efectuarán con cremallera. En los extremos de las vigas se dispondrán topes y en uno de ellos un sistema de trincado mecánico.

Considerando la velocidad de 4 m/min, y el rendimiento mecánico de 0,85, la potencia de este equipo es:

$$P_{mecánica} = \frac{5 \cdot 10 \cdot 4}{60 \cdot 0{,}85} = 3{,}92kW$$

Suponiendo un rendimiento eléctrico de 0,83;

$$P_{eléctrica} = \frac{3{,}92}{0{,}83} = 4{,}73kW$$

Así mismo, se instalará una grúa de 1,5 t para atender las operaciones de desmontaje de los motores auxiliares. Su potencia puede estimarse en 1,5 kW

Se dispondrá una viga monorraíl en el taller mecánico, con una pequeña grúa de 1,5 t, estimándose su potencia en 1,5 kW.

8-. MÁQUINAS HERRAMIENTAS

Se dispondrá, en el taller del maquinista, las máquinas herramientas siguientes:

- Un torno eléctrico de 3 kW de potencia y 1.500 mm entre centros
- Un taladro eléctrico vertical de 1,5 kW, para brocas de hasta 32 mm de diámetro

- Un taladro portátil
- Una esmeriladora accionada por motor eléctrico, de doble muela, una para desbaste y otra para repaso de 250 mm de diámetro, de 0,5 kW
- Una unidad manual de soldadura por arco de 50-375 A de intensidad de salida y 4 kW de potencia
- Un grupo portátil de corte y soldadura oxiacetilénica, con dos botellas de oxígeno y dos de acetileno
- Un banco para prueba de inyectores con soporte para inyector y bomba manual, para el tarado y prueba de los inyectores
- Sierra de 2 kW

9-. VENTILACIÓN

9.1-. Ventiladores de espacios de acomodación y casco

Se instalarán electro-ventiladores para atender los siguientes espacios:

- Cocina y gambuza seca
- Hospital
- Aseos
- Lavandería
- Local de CO_2
- Local servomotor
- Local de baterías
- Pañoles
- Local del grupo de emergencia. El ventilador del grupo de emergencia estará alimentado de la red de emergencia.

La potencia total de ventiladores y extractores de espacios de acomodación y casco se puede estimar en 15 kW

9.2-. Equipo de ventiladores de cámara de máquinas

Los objetivos de la instalación serán:

- Crear en dicho espacio unas condiciones de trabajo no perjudiciales para las personas y las máquinas que allí se encuentran
- Disipar el calor desprendido por las máquinas
- Suministrar aire en perfectas condiciones de utilización a los motores y máquinas en funcionamiento

Para cumplir los dos primeros objetivos se dimensionará el equipo de cara a conseguir 20 renovaciones de aire por hora en la cámara de máquinas.

Siendo su volumen, con una permeabilidad del 85% para tener en cuenta el espacio ocupado por maquinaria y equipos, de 4.894 m^3, el flujo de aire necesario será:

$$4.894 \cdot 20 = 97.880 m^3 / h$$

Para cumplir el tercer objetivo es necesario un cálculo estimativo de las necesidades de aire de los motores que allí se encuentran. Acudiendo al catálogo del fabricante del motor principal, se tiene que el consumo de aire es 7,17 m^3/kW·h.

Luego, con la potencia de los motores auxiliares calculada en el cuaderno 11 (3·670 kW), tendremos que el aire para los motores es:

$$7{,}17 \times (3 \cdot 670 + 20.090) = 158.457 m^3 / h$$

Las necesidades globales de aire de ventilación de la cámara de máquinas serán:

$$256.337 m^3 / h$$

Se instalarán dos ventiladores que den el 65% del caudal total y otros dos que den el resto. Por otro lado, se dispondrán dos extractores del 25% del caudal de aire. La diferencia de presión de trabajo será de 65 mm.c.a. para los ventiladores y de 40 mm.c.a. para los extractores.

Por lo tanto, el equipo de ventilación estará formado por:

- Dos ventiladores impulsores de 100.000 m^3/h de 50 mm.c.a, de 27,7 kW de potencia por unidad

- Dos ventiladores axiales reversibles de 100.000 m^3/h de 50 mm.c.a, de 27,7 kW de potencia por unidad

Los ventiladores estarán situados sobre el guardacalor, la mitad a proa y los otros dos a popa de la chimenea.

Se instalarán filtros de aire para los ventiladores de cámara de máquinas.

Asimismo, se instalará un extractor centrífugo para cámara de purificadoras de 10.000 m^3/h a 50 mm.c.a, de 2,8 kW de potencia.

9.3-. Aire acondicionado de cabina de control

Se instalarán dos unidades de acondicionamiento de aire para la cabina de control de máquinas. El equipo estará dimensionado para mantener 27 ºC y 65% de humedad relativa en el interior de la cabina con una temperatura exterior de Cámara de Máquinas de 45 ºC y una temperatura exterior de 40 ºC y el 70 % de humedad relativa, con un 70 % de recirculación y suministrando 20 renovaciones de aire por hora. Siendo el volumen de la cabina de control de aproximadamente 38 m^3, el caudal de aire será de 760 m^3/h.

Acudiendo a catálogos de equipos de aire acondicionado marinos, se puede estimar la potencia del equipo, teniendo en cuenta el consumo de su compresor y el ventilador, en 2,6 kW.

10-. SERVICIOS SANITARIOS

Se dispondrá de dos sistemas de agua dulce: uno para servicios sanitarios del buque y otro para agua potable.

El servicio sanitario está compuesto por un tanque hidróforo que se llena desde los tanques de agua sanitaria. El tanque a presión suministrará agua para los siguientes servicios:

- Alimentación del tanque calentador de agua dulce.
- Suministro de agua para baldeo de aseos y cocina, y para fluxómetro de todos los inodoros.
- Suministro de agua fría a todas las duchas y lavabos.

- Tanque de expansión de agua dulce de cilindros del motor propulsor.
- Tanque de expansión de agua dulce de cilindros de los motores auxiliares.
- Tanque de agua destilada para elevación del rotor de las purificadoras.
- Tanque de expansión de agua dulce de refrigeración de los compresores de aire de arranque del motor principal
- Tanque filtro del agua de alimentación de la caldereta

El elemento fundamental de todo el servicio será el generador de agua dulce. Éste obtendrá agua dulce a partir de la evaporación del agua salada procedente del mar, aprovechando el agua de refrigeración de las camisas del motor principal. El agua producida por el generador se conducirá directamente a los tanques de agua sanitaria. Este circuito constará de dos tanques almacén de agua sanitaria, que estarán alimentados desde el generador de agua dulce, pero también dispondrán de conexiones en cubierta para poder cargarlos de agua dulce del exterior.

El servicio de agua potable toma el agua del tanque de agua potable y lo descarga a su correspondiente hidróforo. El hidróforo suministra agua potable a la gambuza, oficios y fuentes frías.

Dado que el agua dulce producida a bordo se obtiene por evaporación del agua salada a una temperatura de unos 45 ºC, no se conseguirá que los posibles gérmenes contenidos en ella desaparezcan. Además, presenta un pH ácido. Estas consideraciones afectan a ambos circuitos.

En el circuito de agua potable será necesario:

- Disminuir el grado de acidez.
- Dotar al agua de las sales minerales necesarias para convertirla en apta para el consumo humano.
- Combatir los posibles gérmenes que transportará.

Los dos primeros objetivos se lograrán con la instalación de un equipo neutralizador-mineralizador y la tercera se combatirá con un clorinador

acompañado de su correspondiente declorinador posterior. Otra alternativa válida para este último caso, sería un sistema de rayos ultravioleta.

El servicio de agua caliente se suministrará a duchas, lavabos, piletas de cocina, oficios, lavandería y un ramal para la limpieza de las ventanas del puente. El suministro de agua caliente se hará por medio de un circuito cerrado, en el que la bomba del sistema hará circular el agua sanitaria a través de un calentador. Este sistema suministrará también agua sanitaria caliente para lavado de las purificadoras de combustible y de las turbosoplantes del motor principal. El servicio de agua caliente ya se calculó en el balance de vapor del cuaderno 7.

10.1-. Generador de agua dulce

La aportación de calor necesario se realiza a través del agua de refrigeración de camisas del motor principal. También se dispondrán las conexiones necesarias para que el vapor procedente de la caldereta pudiera aportar dicho calor si ello fuera necesario.

Para que la evaporación se realice a una temperatura de aproximadamente 45 ºC, es necesario provocar un vacío del orden del 90% en el interior del generador. Ello se consigue mediante la extracción de aire realizada por un eyector. Para el funcionamiento del eyector se instalará una bomba de agua salada.

El vapor producido es condensado, y el agua es recogida en una caja receptora, siendo aspirada por una bomba de extracción de agua dulce y enviada al circuito de utilización. Esta bomba está incorporada al generador, y su consumo incluido en el del generador. Se colocará un salinómetro en la tubería de salida, el cual actuará sobre una electroválvula para desviar el agua generada a la sentina si la salinidad es superior a 4 ppm.

10.1.1-. Cálculo de las necesidades de agua dulce

Es necesario conocer las necesidades de agua dulce en un día para comprobar que con el calor del agua procedente de la refrigeración de cilindros

del motor propulsor es suficiente. Asimismo, este cálculo dimensionará el generador de agua dulce.

Considerando un consumo de 250 litros por persona y día, y siendo 27 el número de tripulantes, el consumo total será:

$$C = 250 \cdot 27 = 6.750 l / día = 6{,}75 t / día$$

Se tendrá presente un margen de seguridad razonable a la hora de dimensionar el generador de agua dulce, puesto que se deben incluir las necesidades de agua dulce por pérdidas en los circuitos de vapor (caldera) y en los circuitos de refrigeración. Luego, las necesidades totales de agua dulce se pueden estimar en el doble de las calculadas para consumo de la tripulación; es decir, que el consumo total será de 13,5 t/día.

10.1.2-. Cálculo del calor generado por el agua de refrigeración de las camisas del motor principal

El generador de agua dulce utilizará el calor disipado en el sistema de refrigeración de camisas del motor principal. De acuerdo con el fabricante, la cantidad de calor disponible en el punto de optimización del motor viene dada por la expresión:

$$Q_{jw} = Q_{L1} q_{jw}\% / 100 \text{ kW}$$

siendo: Q_{L1} = calor disipado en el enfriador de agua dulce de camisas cuando el motor se encuentra funcionando a la potencia máxima continua nominal

q_{jw}% = porcentaje de corrección, que viene dado por la siguiente fórmula:

$$q_{jw}\% = \exp\left[-0{,}0811 \cdot \ln(N\%) + 0{,}8072 \cdot \ln(P\%) + 1{,}2614\right]$$

N% y P% son las revoluciones y potencia del punto de optimización, dadas en tanto por ciento, de las nominales del motor.

En el buque proyecto se obtiene del catálogo del fabricante que:

$$Q_{L1} = 2.910 kW$$

$$N\% = 96{,}5\% \;\; y \;\; P\% = 90{,}0\% \Rightarrow q_{jw}\% = 92{,}12\%$$

En consecuencia, el calor disponible para la generación de agua dulce será:

$$Q_{jw} = 2.910 \cdot 92{,}12 / 100 = 2.680{,}7 kW$$

Si se utiliza un generador de agua dulce del tipo evaporador por vacío de simple efecto, la producción de agua se puede estimar en 0,03 t/día por cada kW de calor disponible. Por tanto, la máxima cantidad de agua dulce que se puede producir es:

$$M_{ad} = 0{,}03 \cdot 2.680{,}7 = 80{,}42 t / día$$

Por tanto, las necesidades de calor para el generador de agua dulce quedan suficientemente cubiertas con el calor disipado por el sistema de refrigeración de camisas del motor principal.

Como se ve, la posibilidad de producción de agua dulce es superior a la necesaria. Sin embargo, no es recomendable utilizar más del 40% del calor disipado en la refrigeración de camisas del motor principal, puesto que el choque térmico, caso de averiarse el generador, sería muy importante.

Por todo ello, se ha considerado la instalación de un generador de 29 t/día, que utiliza el 36% del calor disipado en la refrigeración de camisas del motor principal.

Las características y potencia consumida del mismo se pueden asumir como:

Capacidad del generador:	29 t/día
Potencia absorbida de la red:	1,45 kW
Caudal necesario de agua salada:	50 m^3/h
Caudal agua salada para eyector:	20 m^3/h
Presión agua salada para eyector:	40 m.c.a.

10.1.3-. Cálculo de las bombas de agua salada para eyectores

Se dispone de una bomba eléctrica autocebada con caudal de 20 m^3/h y una presión de 40 m.c.a.

La potencia en el eje, considerando un rendimiento de la bomba de 0,5, será de 4,44 kW.

Considerando un rendimiento del motor eléctrico de 0,85, la potencia absorbida será de 5,23 kW.

10.2-. Cálculo de los tanques y bombas de servicio

10.2.1-. Bombas y tanque a presión para agua sanitaria

Se dispondrá de un tanque hidróforo y dos bombas centrífugas autoaspirantes, una de ellas de reserva.

10.2.1.1-.Cálculo del caudal máximo requerido

Suponiendo que en una hora punta dos tercios de la tripulación está empleando, bien sea un lavabo o una ducha, y que el consumo de uno de estos elementos sea de 0,1 litros/s, el caudal máximo puede considerarse:

$$Q = 27 \cdot \frac{2}{3} \cdot 0{,}1 \cdot 3600 = 6480 \text{ l/h}$$

10.2.1.2-.Cálculo de la presión necesaria para el servicio

La presión diferencial de la bomba debe ser capaz de elevar agua dulce sanitaria desde el tanque almacén, situado a 13 m sobre la línea base del buque, al aseo más alto que está en el puente de navegación. Supondremos que en dicho aseo hay una ducha de 2,1 m de altura. Por otra parte, esa misma presión diferencial debe salvar la diferencia de presiones que debe existir entre la parada y el arranque, y las pérdidas de carga que se producirán en la tubería. Como diferencia de presiones entre parada y arranque se tomarán 15 m.c.a. y como pérdidas en tubería 5 m.c.a. Por lo tanto:

Puntal del buque	+ 14,40
Altura sobre cubierta de la cubierta del puente	+ 15,00
Altura ducha	+ 2,10
Máxima altura	+ 27,30
Deducción por altura tanque almacén	- 13,00
Diferencias de altura a salvar	+ 14,30
Pérdidas en tuberías	+ 5,00
Presión arranque bomba (m.c.a.)	+ **19,30**
Diferencia de presiones entre parada y arranque	+ 15,00
Presión de parada de la bomba (m.c.a.)	+ **34,30**

Y la presión diferencial mínima en la bomba ha de ser 34,30 m.c.a.

10.2.1.3-.Capacidad del tanque hidróforo

Suponiendo que el máximo número de arranques de la bomba en una hora es de 10, el tanque deberá llenarse en 3 minutos, por lo que el volumen de agua que sale de la bomba entre el momento de su parada y el de su nueva puesta en marcha, debe ser igual al que entre en el tanque hidróforo estando sus grifos cerrados. Es decir:

$$V_1 = \frac{3\min \times 6.480 l/h}{60} = 324 \text{ l}$$

Este es el volumen que entra en el tanque en el período comprendido entre la parada y el arranque de la bomba. El volumen V_2, del tanque hidróforo despreciando la zona de decantación vendrá dado por:

$$V_2 = V_1 \frac{p_p}{p_p - p_a}$$

donde p_p y p_a son las presiones de parada y arranque de la bomba medida a la altura en que se encuentra el tanque.

Las presiones de parada y arranque medidas en el tanque hidróforo serán las mismas que las calculadas para la bomba, pues el tanque hidróforo, la

bomba y el tanque almacén de donde procede el agua están a la misma altura. Considerando que para pasar de presiones manométricas a absolutas se suman 10 m.c.a., tendremos que el volumen del tanque será:

$$V_2 = 324 \cdot \frac{34{,}30}{34{,}30 - 29{,}30} = 740{,}88\,\text{l}$$

Para obtener el volumen total del tanque, considerando también la zona de decantación, consideramos un 20 % más del volumen anterior, y por lo tanto el tanque tendrá una capacidad de 900 litros.

10.2.1.4-.Cálculo y selección de la bomba

Para este servicio se instalarán dos bombas, una de ellas de reserva. A partir del caudal máximo y de la presión diferencial se puede determinar la potencia, considerando un rendimiento mecánico de una bomba centrífuga de este caudal de 0,6:

Potencia mecánica = 1,08 kW

Considerando un rendimiento del motor eléctrico de 0,80, la potencia a considerar para el balance eléctrico será de 1,6 kW.

10.2.1.5-.Bomba y tanque a presión de agua potable

Este equipo alimentará a todos los servicios de agua potable del buque.

Se instalará una bomba. Para calcular el caudal máximo de esa bomba suponemos que, en la hora punta, un 10% de la tripulación está consumiendo agua dulce, y que el consumo es de 0,1 l/s, el caudal máximo considerado será:

$$Q = 27 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}1 \cdot 3.600 = 972\ \text{l/h}$$

La presión diferencial mínima es igual que para el agua sanitaria, ya que el buque proyecto dispone una fuente fría colocada en el puente de gobierno. Así, para el tanque hidróforo de agua potable se tiene, siguiendo un cálculo similar al anterior, que:

$$V_1 = \frac{3\,\text{min} \cdot 972 l/h}{60} = 49\,\text{l}$$

$$V_2 = 49 \cdot \frac{34{,}30}{34{,}30 - 29{,}30} = 112\,\text{l}$$

$$V = 134\,\text{l}$$

Para calcular la bomba, teniendo en cuenta que el caudal de la misma será de 2 m^3/h, la potencia mecánica será de 0,26 kW, y la potencia eléctrica absorbida por el motor que mueve la bomba, 0,32 kW

10.2.1.6-.Tanques de almacén de agua dulce

Para almacenar la producción de agua dulce se habilitará un tanque que se dimensionará de forma que cumpla con las necesidades de agua dulce básicas de la tripulación en caso de avería del generador durante el periodo de navegación.

Consumo mínimo persona/día:	100 l/d
Máximo período navegación:	60 días
Número de tripulantes:	28
Coeficiente de seguridad:	1,25

Volumen del tanque = 1,25 · 100 · 60 · 28 = 210.000 l = 210 m^3

Se habilitarán dos tanques de almacén de agua dulce, uno de ellos con una capacidad de 128 m^3 y el otro de 105 m^3, que cumplen con los requerimientos anteriores.

Así mismo, se dispondrá un tanque de agua destilada para CM de 25 m^3.

Dicha cifra es suficiente, teniendo en cuenta la capacidad del generador, y la dificultad de que se produzca una avería total en este elemento.

10.2.2-. Planta tratamiento aguas residuales

Se instalará una planta con una capacidad de 4 m^3/día, apta para la depuración de las aguas residuales de una tripulación de 28 miembros. Su consumo eléctrico se puede estimar que ronda los 2,5 kW.

10.2.3-. Tanque séptico

Se dispondrá un tanque séptico de 15 m^3 con objeto de poder almacenar las aguas fecales cuando el buque permanezca en puerto.

10.2.4-. Incinerador

Con objeto de incinerar tanto los residuos sólidos como los lodos residuales de combustible o aceite, será instalado un incinerador, en una cámara independiente en la segunda plataforma de la cámara de máquinas, junto con el tanque séptico y la planta de tratamiento de aguas residuales.

10.3-. Equipo de fonda y hotel

10.3.1-. Maquinaria frigorífica para la gambuza refrigerada

Se instalará una planta frigorífica completa para la gambuza refrigerada. La planta incluirá un equipo frigorífico del tipo de expansión directa Freón-22 con difusores de aire frío montados en el interior de las cámaras.

Las temperaturas que se deberá mantener en el interior de las cámaras y las capacidades aproximadas serán las siguientes:

Cámaras a refrigerar	Temperatura	Capacidad
Cámara de carnes	-18 ºC	48 m^3
Cámara de pescado	-18 ºC	45 m^3
Cámara de verduras	4 ºC	20 m^3
Antecámara	Ambiente	17 m^3

El equipo frigorífico incluirá dos grupos de condensador y compresor, con sus correspondientes accesorios, actuando uno como reserva del otro. Cada grupo deberá ser capaz de mantener las temperaturas especificadas trabajando 18 horas diarias como máximo, con agua de mar a 32 ºC de temperatura y con una temperatura ambiente de 40 ºC. Cada grupo consumirá una potencia eléctrica de 10 kW.

En la gambuza frigorífica se montará un interruptor o pulsador luminoso estanco que accione una alarma óptica y acústica colocada en la cocina. El sistema se alimentará del cuadro de emergencia.

10.3.2-. Frigoríficos

Se instalarán los siguientes frigoríficos:

- Dos de 250 l de capacidad para los oficios de oficiales y tripulación
- Uno de 1.000 l de capacidad para la cocina
- Dos de 80 l de capacidad para los camarotes del Capitán y del Jefe de Máquinas.

10.3.3-. Fuentes frías

Se instalarán cuatro fuentes frías de aproximadamente 20 l/h de capacidad, en los lugares que a continuación se especifican:

- Una en el puente de gobierno
- Una en la cubierta “A”
- Una en la cubierta “B”
- Una en la Cámara de Máquinas

10.3.4-. Equipo para cocina y electrodomésticos

Se instalará el siguiente equipo de cocina:

- Una cocina eléctrica de aproximadamente 20 kW, con dos hornos
- Un horno para pan, de 5 kW
- Una peladora eléctrica de patatas, de 6 Kg de capacidad, con un consumo estimado de 0,5 kW
- Una amasadora de 20 l con sus accesorios, con un consumo estimado de 1 kW
- Dos parrillas eléctricas, de aproximadamente, 3 kW
- Una marmita eléctrica para agua caliente de 14 l de capacidad, con un consumo estimado de 12 kW
- Dos freidoras eléctricas de aproximadamente 15 l cada una
- Un lavavajillas
- Un lavaplatos/lavavasos en los oficios
- Un cortadora de fiambres eléctrica
- Una cafetera eléctrica
- Un molinillo eléctrico industrial para café

- Un horno microondas en el oficio de oficiales y otro en el de tripulación
- Un termo de leche

10.3.5-. Equipo de lavanderías

Se instalará el siguiente equipo de lavandería:

- Una lavadora industrial, con capacidad de 12 Kg de ropa seca
- Dos máquinas lavadoras, centrífugas y automáticas, con capacidad para aproximadamente 7 Kg de ropa sea cada una
- Una máquina lavadora con capacidad de 5 Kg de ropa
- Dos secadoras de 6/8 Kg, y una secadora industrial de 10 Kg.
- Una planchadora
- Un hidroextractor de aproximadamente 8 Kg de capacidad

10.3.6-. Relojes fijos

Se instalarán relojes marinos de tipo eléctrico de cuarzo, de los cuales, uno será maestro y los otros esclavos. Estarán distribuidos en los siguientes locales:

- Puente de Gobierno, con sonería de cambio de guardia
- Despacho de Capitán
- Despacho del Jefe de Máquinas
- Comedor de Oficiales
- Comedor de Tripulación
- Cocina
- Cabina de Control de Cámara de Máquinas
- Derrota

11-. SERVICIOS DE NAVEGACIÓN, COMUNICACIONES Y AUTOMATIZACIONES

11.1-. Equipo de ayuda a la navegación

El sistema de navegación instalado en el puente de gobierno integrará los siguientes componentes:

- Dos equipos de radar cuyas, unidades de presentación estarán colocadas en el puente de gobierno. Se instalará un sistema anticolisión (ARPA), conectado al radar. Cada equipo trabajará en una banda, cubriendo las bandas S y X.
- Autopiloto adaptativo para control de rumbo.
- Corredera de tipo magnético.
- Equipo ecosonda con capacidad de indicar profundidades de hasta 500 m como mínimo.
- Sistema de planificación de derrota.

Así mismo se dispondrán los siguientes equipos:

- Se instalará un compás magnético en el techo del puente de tipo líquido con dispositivo de reflexión
- Girocompás con repetidores en los alerones del puente, cuarto de derrota y camarote del capitán
- Mesa de cartas
- Sensor de viento
- Receptor GPS
- Radiogoniómetro de tipo marino
- Campanas de alarma de acuerdo con la reglamentación del SOLAS
- Un sextante
- Un cronómetro y un megáfono
- Un gong y una bocina de niebla
- Un barómetro y un barógrafo
- Dos termómetros para medir la temperatura del aire exterior y la temperatura del mar

- Un psicrómetro

11.2-. Equipo de comunicaciones

Según la normativa del IMO, los buques de construcción posterior al 1 de Febrero de 1.995 deberán disponer una consola de equipos adecuada al Sistema Mundial de Seguridad y Salvamento Marítimo (SMSSM), en inglés, “Global Maritime Distress and Safety System” (GMDSS).

El GMDSS ha sido desarrollado por el IMO para proveer elementos de alerta que puedan ser utilizados por alguien sin conocimientos exhaustivos de comunicaciones, siendo lo más fiables posibles. Se trata de aumentar, al mismo tiempo, el grado de automatización.

El concepto de seguridad ya no se basa en el de “ayuda solidaria” buque-buque, sino en las comunicaciones buque-tierra, donde existen estaciones de coordinación en la búsqueda y rescate del barco en situación de emergencia.

El objetivo del GMDSS es que el buque, en caso de emergencia, pueda enviar el mensaje de socorro por más de un medio.

Las exigencias sobre los equipos que deben llevarse a bordo en virtud de la normativa GMDSS no se basan en el tonelaje del buque sino en el área marítima donde se va a operar. Así pues, se dotará al buque proyecto de una consola admisible para la navegación en la denominada zona A3, que se corresponde con todo el globo terráqueo salvo los polos.

El GMDSS establece, además, que el armador debe disponer de dos opciones, elegidas entre tres posibles, para navegar en las zonas A3 y A4 asegurando la disponibilidad en las comunicaciones de seguridad en todo momento, incluso en caso de fallo. Las tres opciones son:

- duplicación de los equipos GMDSS
- mantenimiento en la mar, teniendo a bordo una persona que pueda reparar los equipos
- mantenimiento en tierra, navegando entre dos puertos en los cuales tengamos técnicos cualificados y entrenados para

atender cada equipo en concreto, en los que tengamos acceso a manuales técnicos y disponibilidad de los repuestos adecuados.

Se optará por el mantenimiento en tierra y por la duplicidad (el fabricante ofrece las consolas de esta manera).

Otra condición que se les exige a los equipos del GMDSS es que la generación de energía para su funcionamiento sea independiente de la del resto del buque, para poder disponer de los mismos en caso de avería. Por ello se deben proveer baterías de capacidad adecuada al consumo de la consola de comunicaciones.

Los equipos que debe llevar la consola serán:

1. Instalación de radio de VHF capaz de transmitir y recibir alertas de socorro efectuadas en el canal 70 mediante el receptor DSC y comunicaciones de radiotelefonía en los canales 6, 13 y 16
2. Receptor de Navtex en 518 kHz
3. Radioteléfonos portátiles de VHF (3 unidades)
4. Posibilidad de recibir mensajes de Seguridad Marítima en las zonas sin cobertura Navtex, mediante un receptor Inmarsat con EGC (llamada de grupo mejorada), si el buque está navegando en zonas con cobertura de los satélites de Inmarsat (C)
5. Radiotélex
6. Transpondedor de radar, SART 9 GHz (Se dispondrá una unidad a estribor y otra a babor)
7. Una radiobaliza EPIRB de 406 MHz o de 1,6 GHz si sólo se navega dentro de las áreas de cobertura de los satélites de Inmarsat

8. A pesar de que el GMDSS establezca que el requerimiento del receptor vigilante de 2.182 kHz era únicamente hasta el 1 de Febrero de 1.999, se dispondrá en la consola por motivos de seguridad y escucha en caso de accidente de otro buque que disponga de emisor a 2.182 kHz.
9. Instalación radio MF / HF

Asimismo, se instalarán sistemas de comunicaciones para botes salvavidas en virtud del cumplimiento del SOLAS-78:

- Radioteléfonos para embarcaciones de supervivencia
- Estación de radio para bote salvavidas

También se instalarán a bordo del buque proyecto los sistemas y equipos siguientes:

11.2.1-. Telégrafo de órdenes

Se instalará un sistema telégrafo de órdenes de tipo eléctrico síncrono, constituido por un transmisor-indicador de doble dial tipo palanca instalado en el puente, con iluminación regulable mediante un potenciómetro; un receptor-indicador montado en la Cámara de Control y una alarma acústica y óptica por falta de alimentación eléctrica en el puente, con pulsador para silenciar la alarma acústica.

Una señal acústica sonará cuando se transmitan órdenes.

El telégrafo tendrá 9 órdenes, y en base a ello se marcarán los diales. Las órdenes a transmitir serán:

Avante		**Atrás**
Despacio	Para	Despacio
Poca		Poca
Media		Media
Toda		Toda

11.2.2-. Sistema de interfonos de cubierta

Un sistema de interfonos de cubierta con unidades en el puente de mando y en las zonas de fondeo y amarre de proa y popa. Asimismo, se dispondrán equipos de comunicaciones UHF de tipo “walkie-talkie” para la comunicación con las diferentes áreas de cubierta.

11.2.3-. Sistema de de difusión de avisos

Estará instalado en el puente de gobierno y tendrá altavoces distribuidos en zonas interiores y exteriores.

11.2.4-. Teléfonos autogenerados

Se instalarán éstos para comunicar el puente con la cámara de máquinas, despacho del capitán, local del servo, central eléctrica de socorro, y camarote del jefe de máquinas.

11.2.5-. Teléfonos automáticos

El sistema de teléfonos automáticos tendrá una capacidad de 30 líneas, con capacidad para soportar varias conversaciones simultáneas y aparatos telefónicos distribuidos en los distintos espacios.

11.2.6-. Antenas para radiodifusión y TV

Se instalará un sistema de antenas para radio y televisión con mástil común para sustentación de las mismas. La antena de televisión será del tipo multidireccional. El conjunto de antenas podrá recibir en AM y FM para radio y UHF y VHF para televisión. En cada camarote y salón público se instalarán tomas para Radio y TV.

11.2.7-. Sistema AIS

La normativa del IMO de 2.002 obliga a barcos como el nuestro a adoptar el sistema AIS. El objetivo fundamental de este sistema es permitir a los buques comunicar su posición y otras informaciones relevantes para que otros buques o estaciones puedan conocerla. La utilidad más importante es evitar colisiones entre buques, pero tiene muchas más ventajas.

Frente a otros sistemas, AIS tiene la ventaja de un alcance mucho mayor que el radar normal y permite conocer datos identificativos de cualquier embarcación que se cruce en nuestro camino. Además, los datos de este sistema se ven muy claramente y no se confunden con otros blancos. El consumo energético es muy reducido y su precio también es muy pequeño, comparado con otros sistemas de seguridad a bordo.

11.3-. Equipo técnico de control y automatizaciones

El buque dispondrá de un sistema de control y vigilancia adecuado para poder mantener la cámara de máquinas desatendida. Todos los sensores y alarmas cumplirán con las regulaciones necesarias del GL para la notación "E.A.U.T."

- Se dispondrá de una cabina de control de la cámara de máquinas. Dentro de ésta se montarán el cuadro eléctrico principal y una consola de control que incluirá el equipo siguiente:

  - Panel o pupitre para el control remoto del motor propulsor y sistema de transferencia del control de CM al puente de Gobierno y viceversa.
  - Indicadores de parámetros importantes como velocidad y sentido de giro del eje de cola.
  - Sistema de alarma centralizado para un total de puntos suficientes.

Se instalarán los siguientes controles:

- Control automático de la temperatura de agua dulce de refrigeración de cilindros del MP.
- Control automático de la temperatura del aceite de lubricación del MP.
- Control automático de la temperatura de agua dulce de refrigeración de pistones del MP.
- Control automático de la viscosidad del combustible del MP.

- Control automático de la temperatura del aceite de lubricación de los MM AA.
- Control automático de la temperatura de agua dulce de refrigeración de los MM AA.
- Control automático de la temperatura para los calentadores de las purificadoras de fuel-oil y aceite de lubricación
- Deslodado automático de purificadoras de fuel-oil y aceite MP
- Control automático de los filtros de aceite y fuel-oil del MP
- Control automático del agua de alimentación de la caldera
- Control automático del quemador de la caldera
- Control automático de la descarga de exceso de vapor
- Control automático de la temperatura del calentador de agua dulce
- Pupitre de control para mando remoto y señalización hidráulica de las válvulas de lastre y sentina.
- Arranque automático de las bombas de reserva para los servicios esenciales para propulsión
- Arranque y parada automáticos de los compresores principales de aire del compresor de relleno
- Arranque automático y acoplamiento al cuadro principal del diesel-generador seleccionado de reserva en caso de black-out y arranque secuencial de las bombas de los servicios esenciales para la propulsión
- Sistema de pre-lubricación automática de los diesel-generadores principales
- Arranque automático y acoplamiento al cuadro de emergencia del grupo de emergencia
- Sistema de detección de niebla de aceite en el cárter del MP
- Control remoto de niveles de tanques y calados
- Control remoto del MP desde el puente de gobierno con sistema de transferencia de control, sistema de llamada a maquinistas y

extensión del sistema de alarmas e indicadores, según lo requerido por la Sociedad de Clasificación

- Se instalarán columnas de señalización de alarmas en CM, una en el local del servo y una en la cabina de control de cámara de máquinas, con alarma acústica e indicación visual.
- Tanto el motor principal como los auxiliares van provistos de un sistema de diagnosis y análisis de tendencias.
- Se instalará un sistema de detección de incendios en cámara de máquinas y habilitación.

12-. ALUMBRADO

12.1-. Luces de navegación

El buque de proyecto dispondrá de las siguientes luces de navegación:

- Una luz de tope de 225º de ángulo de visibilidad situada en el mástil de proa
- Una luz de tope de 225º de ángulo de visibilidad situada sobre el puente de navegación
- Una luz de alcance de 135º de ángulo de visibilidad situada a popa del guardacalor
- Dos luces de costado, una a cada banda, situadas en las bandas de la superestructura
- Dos luces todo-horizonte de 360º de ángulo de visibilidad situada en la superestructura (para la situación de buque fondeado)
- Una luz de maniobra de 360º de ángulo de visibilidad para el paso del Canal de Suez
- Una luz de gobierno de 60º de ángulo de visibilidad para el paso del canal de Panamá y el de San Lorenzo

12.2-. Alumbrado exterior

Para el alumbrado exterior se utilizarán focos de sodio de alta presión o halógenos, según proceda. A continuación, se detallan el número y potencia de los focos a instalar a bordo.

- Para la iluminación de la cubierta superior se dispondrán 4 focos de 1.000 W cada uno en la cara de proa de la superestructura y otros 3 focos de 1.000 W cada uno en el mástil de proa
- Para la iluminación del castillo de proa se dispondrán 2 focos de 400 W cada uno dispuestos en el mástil de proa
- Para la iluminación de la chimenea se dispondrán 2 focos de 500 W cada uno a cada banda del buque
- Para la iluminación del bote salvavidas se dispondrá 1 foco de 200 W en la embarcación, conectado al cuadro de emergencia
- Para la iluminación de las maquinillas de popa se dispondrán 2 focos de 400 W cada uno
- Para la iluminación de las balsas salvavidas se dispondrán 2 focos de 500 W cada uno

12.3-. Alumbrado interior

En las zonas de habilitación, puente, cámara de máquinas y de los pañoles bajo la cubierta castillo se dispondrán lámparas fluorescentes de encendido rápido. Todo el sistema se conectará a la red de 220 V/60Hz del buque. Para calcular el consumo, se van a analizar las necesidades de iluminación de cada uno de los locales a través del método directo. Para ello se van a fijar las iluminancias, E, requeridas en cada caso, expresadas en luxes en base a la información recogida en tablas. A partir de esta iluminancia se obtendrá el flujo luminoso, teniendo en cuenta que:

$$\phi = E \cdot S \cdot \frac{F_d}{F_u}$$

donde: S: superficie del local (m^2).

F_d: Factor de envejecimiento, se toma 1,25.

F_u: Factor de utilización. Se obtiene a través de tablas, siendo función del material de las paredes, la posición de la lámpara y las dimensiones del local. Para su cálculo es necesario la determinación del factor K, directamente relacionado con la geometría del local. Este índice se determina mediante la expresión:

$$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$$

donde a y b son el ancho y largo del recinto considerado, y h, su altura; todos ellos medidos en metros.

La iluminancia del local se obtiene a partir de los mínimos habituales establecidos en “Apuntes de Electricidad Aplicada al Buque”, de Amable López Piñeiro. Los cálculos de las necesidades de flujo luminoso para cada espacio se resumen en las tablas del anexo.

En función de la fuente de luz, en este caso se trata de luces fluorescentes, se define el rendimiento o eficiencia de la fuente, medida en lúmenes por vatio. Se dispondrán, para los espacios de habilitación y cámara de máquinas, luces fluorescentes de 2 x 40 W. Se fija para este tipo de lámparas un rendimiento de 60 lm/W.

Debido a que el flujo luminoso de las luces fluorescentes es muy sensible ante variaciones de la temperatura ambiente, llegando a disminuir hasta en un 70% para temperaturas del orden de las que se registran en el interior de las cámaras frigoríficas y congeladoras, se estima en 12 lm/W.

Finalmente, y como se indica en el anexo, la luminancia total está calculada en 2.948.069 lúmenes (lm), con lo cual, la potencia total consumida en los espacios interiores será de 144,46 kW

13-. BIBLIOGRAFÍA

- “El Proyecto Básico del Buque Mercante”. R. Alvariño; J.J. Azpíroz; M. Meizoso.
- “Apuntes de Electricidad Aplicada al Buque”. A. López Piñeiro.

ANEXO I:

ILUMINACIÓN

ALUMBRADO

ESPACIOS	S(m^2)	E(lx)	Fd	K	Fu	L(lm)	a	b	h
Camarotes oficiales y trip.	656.09	200	1.25	4.93	0.68	241211.18	25.61	25.61	2.60
Oficinas	38.89	200	2.5	1.28	0.51	38130.98	9.96	5.00	2.60
Cocina	52.31	250	1.8	1.12	0.46	51171.07	7.72	4.65	2.60
Gambuzas	42.16	100	1.5	1.55	0.54	11711.08	7.05	9.40	2.60
Guardacalor	36.37	100	1.5	0.32	0.15	36370.30	5.15	5.11	8.00
Local del servo	58.79	100	1.8	1.70	0.56	18897.53	6.65	6.97	2.00
Talleres y locales de máquinas	97.71	600	1.8	0.99	0.44	239833.64	9.88	9.88	5.00
Cámara de calderas	40.69	300	2.4	1.49	0.54	54253.33	4.31	9.75	2.00
Comedores y salones	128.41	375	1.25	2.18	0.58	103780.20	11.33	11.33	2.60
Cámara de máquinas	1132.20	350	2.4	1.47	0.52	1828938.46	33.65	33.65	11.47
Puente	125.31	100	1.25	2.15	0.58	27007.07	11.19	11.19	2.60
Pañoles	57.36	250	1.5	1.46	0.56	38412.19	7.57	7.57	2.60
Grupo de emergencia	8.38	200	2	0.66	0.33	10157.33	5.40	2.49	2.60
Local del Aire acondicionado	14.63	300	2	0.89	0.40	21937.95	3.32	7.62	2.60
Hospital y enfermeria	37.11	600	1.25	0.81	0.38	73242.24	8.92	2.74	2.60
Oficina de control de carga	22.32	600	2.5	1.28	0.51	65647.06	9.96	5.00	2.60
Pasillos	232.10	100	1.25	2.93	0.64	45332.19	15.23	15.23	2.60
Almacén, Archivo, Caja fuerte	13.33	250	1.5	0.70	0.56	8928.62	3.65	3.65	2.60
Lavanderia y secadero	7.74	200	2	0.54	0.52	5955.54	2.78	2.78	2.60
Locales CO2 y de O2	18.10	300	2	0.89	0.40	27150.75	3.32	7.62	2.60
TOTAL						**2948068.69**			

TOTAL ALUMBRADO LOCALES INTERIORES (kW)
144.46

BUQUE POLIVALENTE 20000 TPM

CUADERNO Nº 11
PLANTA ELÉCTRICA

Proyecto nº 1674
Tutor: D. Francisco Alonso Thous

Jesús Enrique Terciado Terciado

Antonio Villalba Herreros

INDICE

1-. INTRODUCCIÓN

En este cuaderno se realizará el cálculo de la potencia eléctrica necesaria para el funcionamiento del buque, así como la definición de los elementos que componen el sistema eléctrico.

En primer lugar, se determinará el tipo de corriente eléctrica empleada y la tensión y frecuencia más adecuada según la zona de actividad esperada para el buque.

A continuación, se elabora un balance eléctrico de todos los elementos consumidores del buque, fijando sus coeficientes de utilización y requerimientos de potencia eléctrica en las diferentes condiciones contempladas. Este balance se ha realizado siguiendo las indicaciones de la bibliografía al uso y apoyándose en la experiencia de balances eléctricos de buques de similares características.

Una vez determinadas las necesidades de potencia se elabora una valoración de la planta generadora más adecuada, la que trabaje con mayor rendimiento en cada condición y presente mejores propiedades, de la cual saldrán los equipos generadores a instalar.

2-. ELECCIÓN DE TENSIONES Y FRECUENCIAS

La corriente eléctrica a bordo será alterna de 60 Hz a dos tensiones diferentes: 440 V, trifásica para la instalación de fuerza, y 220 V, monofásica para alumbrado, equipos de navegación, servicios domésticos y alumbrado de emergencia, y se emplearán transformadores para obtener los 220 V a partir de la tensión principal.

Se ha elegido alterna frente a continua, por representar menor coste, peso y volumen de generadores, motores y aparamenta. Para sistemas de control y otros sistemas electrónicos se instalarán baterías a 24 V alimentadas por rectificadores con salida de corriente continua a esa tensión.

La solución 440 V - 60 Hz supone, frente a los 380 V - 50 Hz, la doble ventaja de una mayor tensión, con la consiguiente disminución de pesos de cobre y de precio de la instalación y el aumento de rpm. de los motores, a igualdad de número de polos, con lo que se obtiene un menor tamaño y precio de las bombas y demás equipos accionados por motor eléctrico. Por otra parte, se pueden conectar motores de 440 V - 60 Hz a una red de 380 V - 50 Hz (usual en instalaciones terrestres en Europa) sin que disminuya apreciablemente el rendimiento.

La distribución será trifásica con conductores conectados en estrella sin neutro accesible y mediante derivaciones sucesivas, dado que este sistema proporciona mayor flexibilidad y ahorro de cobre.

3-. ALUMBRADO

3.1-. Alumbrado de locales interiores

Para el cálculo del alumbrado de los locales interiores se determinará el flujo luminoso necesario, utilizando la siguiente expresión:

$$L = E \cdot S \cdot \frac{F_D}{F_U}$$

Donde:

E = luminancia en lux necesaria en el recinto

S = superficie en m^2

F_D = factor de depreciación (entre 1,25 y 2,5)

F_U = factor de utilización.

Al obtener el factor de utilización se ha supuesto que el alumbrado es semidirecto y que las paredes son de color claro.

Para el cálculo de E por espacios se sigue la siguiente tabla:

LOCALES	ILUM.(lux)

Camarotes oficiales y tripulación	150-250
Locales de servicio	250-300
Locales de reunión	200-400
Pasillos	100-150
Enfermería	500-1.000
Oficinas	400-750
Puestos de maniobra	500-750
Cámara de máquinas	300-450
Talleres de maquinaria	500-1.000
Cámara de calderas	250-350
Túneles y compartimentos de menos de 200 m^2	100-150

El factor de utilización F_u expresa el rendimiento de la instalación, y se obtiene en función del índice K del local, que tiene la expresión:

$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$$

Con:

a = longitud del local

b = anchura del local

h = altura del local

Suponiendo que el rendimiento luminoso es 0,03 W/L y 0,11 W/L en alumbrado fluorescente e incandescente, respectivamente, y estimando, a partir de buques similares, que el 90 % de la iluminación es fluorescente y el resto incandescente, se puede estimar un rendimiento global luminoso de valor:

$$R = 0{,}9 \cdot 0{,}03 + 0{,}1 \cdot 0{,}11 = 0{,}038 W / L$$

El flujo luminoso requerido en los distintos locales será, por tanto:

ESPACIOS	S(m^2)	E(lx)	Fd	K	Fu	L(lm)
Camarotes oficiales y trip.	656,09	200	1,25	4,93	0,68	241.211,18

Oficinas	38,89	200	2,5	1,28	0,51	38.130,98
Cocina	52,31	250	1,8	1,12	0,46	51.171,07
Gambuzas	42,16	100	1,5	1,55	0,54	11.711,08
Guardacalor	36,37	100	1,5	0,32	0,15	36.370,30
Local del servo	58,79	100	1,8	1,70	0,56	18.897,53
Talleres y locales de máquinas	97,71	600	1,8	0,99	0,44	239.833,64
Cámara de calderas	40,69	300	2,4	1,49	0,54	54.253,33
Comedores y salones	128,41	375	1,25	2,18	0,58	103.780,20
Cámara de máquinas	1132,20	350	2,4	1,47	0,52	1.828.938,46
Puente	125,31	100	1,25	2,15	0,58	27.007,07
Pañoles	57,36	250	1,5	1,46	0,56	38.412,19
Grupo de emergencia	8,38	200	2	0,66	0,33	10.157,33
Local del Aire acondicionado	14,63	300	2	0,89	0,40	21.937,95
Hospital y enfermería	37,11	600	1,25	0,81	0,38	73.242,24
Oficina de control de carga	22,32	600	2,5	1,28	0,51	65.647,06
Pasillos	232,10	100	1,25	2,93	0,64	45.332,19
Almacén, Archivo, Caja fuerte	13,33	250	1,5	0,70	0,56	8.928,62
Lavandería y secadero	7,74	200	2	0,54	0,52	5.955,54
Locales CO2 y de O2	18,10	300	2	0,89	0,40	27.150,75
TOTAL						**2.948.068,69**

Por lo que se requiere la siguiente potencia:

$$W_{loc} = 0{,}038 \cdot total = 112.026W$$

3.2-. Luces de navegación y señales

Se instalaran en cubierta los receptores que se detallan a continuación:

- 1 proyector de maniobra de 0,9 kW.
- 1 proyector de molinete de 0,4 kW.
- 2 proyectores de chimenea de 1 kW cada uno.
- 2 proyectores para la iluminación de botes de 0,6 kW.
- 6 focos de 2 kW para el alumbrado de cubierta.

Se requiere una potencia total de 16,5 kW.

Las potencias de las luces de navegación que se dispondrán serán en Wattios:

Palo de proa	60

Banda de babor	60
Banda de estribor	60
Palo de popa	60
Popa (alcance)	60
Luz fondeo proa	60
Luz fondeo popa	60
Popa (varado)	2 x 60
TOTAL LUCES NAVEGACIÓN	**540**

Adicionalmente, todas estas luces estarán duplicadas para que en caso de fallo de una de ellas siempre exista una de reserva que pueda ser encendida instantáneamente.

La potencia consumida total del alumbrado de luces de navegación y las señales es por tanto de 17,04 kW.

4-. BALANCE ELÉCTRICO

Para la realización del Balance Eléctrico, se estudiarán las siguientes condiciones de carga:

Navegación: Es la situación en la que el consumo de energía eléctrica en la mar es el necesario para atender todos aquellos consumidores que afectan a los servicios normales del buque.

Maniobra: Situación en la que el consumo es el correspondiente a los consumidores operando a régimen diferente del de navegación normal y a los consumidores que sólo funcionan durante operaciones de entrada/salida de puerto.

Puerto Punta: Situación en la que el consumo en puerto es máximo, contemplando los consumidores incluidos en Puerto y los equipos de manejo de carga.

Emergencia: Aquella en la que el consumo de energía eléctrica es el necesario para mantener los servicios de seguridad y maniobrabilidad en condiciones de emergencia.

En cada una de las condiciones estudiadas, los consumidores que se encuentran en funcionamiento pertenecerán a una de las siguientes categorías (según los criterios españoles):

Carga Continua: Consumidores cuyo servicio es necesario de forma continua y a pleno régimen. El coeficiente de simultaneidad es 1,0 (en algunas ocasiones se tomará 0,8).

Carga Periódica: Consumidores cuyo servicio es necesario de forma discontinua y simultánea con otros. El coeficiente de simultaneidad es 0,5.

Carga Eventual: Consumidores cuyo servicio es necesario de forma discontinua y simultánea con otros durante periodos de tiempo cortos. El coeficiente de simultaneidad es 0,2.

Para la elaboración del balance eléctrico se han subdividido los receptores de energía eléctrica en los siguientes grupos:

- Auxiliares de la propulsión.
- Generadores de vapor y agua.
- Manejo y purificación de combustible y aceite lubricante.
- Seguridad y manejo de la carga.
- Equipo de acondicionamiento.
- Accesorios de izado y mantenimiento.
- Equipo de fonda y hotel.
- Equipo de gobierno y maniobra.
- Equipo de navegación, comunicaciones y alumbrado.
- Consumidores a 220 V.

Los resultados obtenidos para cada condición, expresados en kW, son:

CONSUMIDORES	*NAVEGACIÓN*	*MANIOBRA*	*PUERTO*	*PUERTO PUNTA*	*EMERGEN-CÍA*
Auxiliares de la propulsión	254,70	216,36	20,24	24,60	0,00
Generadores de vapor y agua	23,95	0,00	1,41	1,41	0,00
Manejo y purificación de combustible y aceite lubricante	124,70	106,20	26,95	26,95	0,00
Seguridad y manejo de la carga	51,82	28,57	777,99	1147,02	33,18
Equipo de acondicionamiento	338,53	305,01	98,85	130,40	21,97
Accesorios de izado y mantenimiento	11,94	6,22	7,41	17,87	24,00
Equipo de fonda y hotel	52,19	27,49	36,29	40,52	0,00
Equipo de gobierno y maniobra	13,10	27,29	62,72	103,52	43,66
Equipo de navegación, comunicaciones y alumbrado	107,30	69,96	67,46	67,46	32,09
Consumidores a 220 V	8,60	8,25	3,20	3,20	2,37
TOTAL (kW)	**986,83**	**795,35**	**1102,52**	**1562,95**	**157,26**

A cada potencia total necesaria en cada condición de carga se le sumará un margen del 10% para tener una margen seguridad e incluir consumidores no tenidos en cuenta en la realización del balance. Para el cálculo de los kVA´s necesarios a la salida del alternador del alternador se ha supuesto un factor de potencia de 0,8 con lo que los resultados finales quedan:

CONDICIÓN	**kVA's**
Navegación	1.357
Maniobra	1.094
Puerto	1.516
Puerto punta	2.149
Emergencia	216

Con estos resultados se seleccionara la planta generadora a instalar. Los alternadores serán calculados con un rendimiento de 0,95 (excepto el de emergencia que se calculará con 0,93).

5-. GRUPOS DIESEL - GENERADORES

5.1-. Alternativas planteadas

Debido a que el motor principal seleccionado no tiene un margen de potencia grande (relación entre la MCR nominal del motor y la MCR necesaria), no se puede colocar un generador de cola. La elección de un motor con una potencia mayor no era posible como se vio en el cuadernillo 7, ya que en el mercado los motores de más potencia tienen mayor tamaño y van a menos rpm, con lo que el motor no cabría en la cámara de máquinas (por altura) y las menores rpm nos obligaría a una hélice de mayor diámetro, la cual no cabría en el codaste.

Para satisfacer las necesidades de potencia obtenidas en el balance eléctrico se estudiarán las tres configuraciones siguientes:

A. 3 grupos WÄRTSILÄ 670W4L20

GRUPO GENERADOR WÄRTSILÄ		TIPO	Nº	KVA
		670W4L20	3	838
CONDICIÓN	**kVA's**	**Nº GEN.**	**TOTAL kVA's**	**REGIMEN**
NAVEGACIÓN	**1.356,5**	2	1.676	81
MANIOBRA	**1.093,6**	2	1.676	65
PUERTO	**1.516,0**	2	1.676	90
PUERTO PUNTA	**2.149,0**	3	2.514	85

B. 3 grupos MAN B&W 5L 23/30 H

GRUPO GENERADOR MAN B&W		TIPO	Nº	KVA
		5L 23/30 H	3	768,75
CONDICIÓN	kVA's	Nº GEN.	TOTAL kVA's	REGIMEN
NAVEGACIÓN	1.356,5	2	1.537,5	88
MANIOBRA	1.093,6	2	1.537,5	71
PUERTO	1.516,0	3	2.306,25	66
PUERTO PUNTA	2.149,0	3	2.306,25	93

C. 3 grupos MAN B&W 6L 16/24

GRUPO GENERADOR MAN B&W		TIPO	Nº	KVA
		6L 16/24	3	781,25
CONDICIÓN	kVA's	Nº GEN.	TOTAL kVA's	REGIMEN
NAVEGACIÓN	1.356,5	2	1.562,5	87
MANIOBRA	1.093,6	2	1.562,5	70
PUERTO	1.516,0	3	2.343,75	65
PUERTO PUNTA	2.149,0	3	2.343,75	92

5.2-. Alternativa elegida

Para la elección de la mejor alternativa nos basaremos en los regímenes de funcionamiento de los grupos, debiendo estar comprendidos entre 70 y 90% para conseguir un buen rendimiento.

De las tres alternativas posibles se elige la opción de los 3 grupos WÄRTSILÄ 670W4L20, ya que presenta mejores rendimientos y tamaño que las otras dos opciones, estando sólo en una de las cuatro situaciones por debajo del 80%. Las otras opciones presentan sendos regímenes de más del 90% en situación punta de puerto y de menos del 60% para la situación de puerto normal, por lo que vamos a descartar estas opciones.

Por lo tanto la planta generadora estará compuesta por tres alternadores (exigencias de las especificaciones del proyecto) accionados por sendos motores diesel. Cada uno de estos grupos generadores estará integrado por un motor WÄRTSILÄ 670W4L20, de cuatro tiempos y 670 kW a 900 rpm, que acciona un alternador de 838 kVA a 440V - 50 Hz. Motor y alternador van montados sobre una bancada común unidos por un acoplamiento elástico. Los motores son sobrealimentados a presión constante y están preparados para quemar fuel oil pesado de hasta 730 cSt a 50º C. Los alternadores son de tipo marino, con regulación de tensión y autoexcitado, con excitación estática. Están construidos a prueba de humedad, refrigerados por aire y autoventilados. El aislamiento de los arrollamientos es de clase B. Los generadores podrán acoplarse y mantenerse en paralelo, logrando un correcto reparto de cargas.

6-. CUADRO PRINCIPAL, TRANSFORMADORES Y DISTRIBUCIÓN

El cuadro principal será de accionamiento indirecto o frente muerto y estará dividido en los siguientes paneles:

- Panel de control del generador 1.
- Panel de control del generador 2.
- Panel de control del generador 3.
- Panel de sincronismo.
- Panel de distribución de energía de los servicios esenciales.
- Panel de distribución de energía de los servicios no esenciales.
- Panel de distribución de energía de los servicios a 220 V.

El cuadro principal estará situado en un costado de la cámara de máquinas, cerca de los generadores. La distribución será en derivaciones sucesivas, ya que los tramos de línea se dimensionan de acuerdo con las capacidades de los consumidores, siendo así el diseño de protecciones más sencillo. Los cuadros primarios son: servicios esenciales, servicios no

esenciales y servicios de energía a 220 V. A partir de estos cuadros primarios, saldrán líneas hacia cuadros secundarios que alimentarán consumidores con similar aplicación y localización en el buque (el criterio de localización es para ahorrar longitud de cableado), se seguirá el agrupamiento que aparece en la página 9 de este cuadernillo.

Para los servicios esenciales, la normativa obliga a instalar una alimentación doble desde el cuadro principal, que no incluyan cuadros de distribución comunes y estando el tendido de los cables lo más separados posible.

La distribución se hará mediante cables de tres hilos conectados en estrella, con red aislada.

Los interruptores automáticos de los generadores estarán provistos de dispositivos de disparo por sobrecarga, cortocircuito, potencia inversa y baja tensión.

Para la alimentación de los servicios a 220 V se dispondrán en la Cámara de Máquinas de dos transformadores trifásicos de 160 kVA, 440/220, uno de ellos de reserva.

7-. PLANTA DE EMERGENCIA.

A la vista del resultado obtenido en el balance eléctrico de emergencia se decide la instalación de un grupo de emergencia formando por un alternador de 282 kVA, 440 V - 50 Hz, accionado por un motor diesel DEUTZ TJ280MME1 de 225,6 kW a 1800 rpm. Nuestras necesidades según el balance eléctrico son de 216,23 kVA’s con los que estamos en un régimen de funcionamiento de 76,7%. Estará ubicado en un local adecuado por encima de la cubierta de compartimentación y será capaz de atender plenamente los servicios esenciales con un ángulo de trimado de 10°.

El motor diesel se arrancará mediante un motor eléctrico y baterías, conectándose mediante un contactor de mínima tensión a las barras del cuadro

de emergencia de tal manera que cuando se detecte el fallo de tensión, ponga en funcionamiento el arrancador del diesel. El grupo de emergencia tendrá un grupo de 2 baterías de 143 A·h, a 24 Voltios. Habrá a su vez dos de respeto. Para que el grupo de emergencia pueda entrar en servicio lo antes posible, se dotará al motor de sistemas de precaldeo del refrigerante y de aceite y de una bomba de prelubricación forzada.

En el local del generador de emergencia se instalará un cuadro de emergencia conectado al principal, con objeto de que en navegación normal, los elementos que constituyen el servicio de emergencia sean alimentados desde el principal. Este cuadro de emergencia cuenta con conexiones al grupo de emergencia, a servicios de emergencia de fuerza (440 V), transformador y red de alumbrado de emergencia (a 220 V) y una conexión al cuadro principal.

No se prevé una fuente transitoria de energía para todos los consumidores de emergencia (para dar corriente para iluminación de escape, ventilación, bombas C.I., etc. desde el “apagón” hasta que el grupo de emergencia este en funcionamiento) ya que el grupo de emergencia puede entregar la potencia máxima en pocos segundos, además de no obligar la normativa. En cambio, los equipos electrónicos tendrán sus propias baterías alimentadas con rectificadores (para unificar se utilizarán baterías similares a las del grupo de emergencia) que serán ubicadas en el cuarto de baterías.

Asimismo, se instalarán dos transformadores de 40 KVA, 440/220. Uno de ellos será de reserva.

8-. BIBLIOGRAFÍA

— “Electricidad aplicada al buque. Colección de figuras”. D. Amable López Piñeiro

— “Electricidad aplicada al buque. Diseño General de la planta eléctrica”. D. Amable López Piñeiro.

— “Electricidad aplicada al buque. Distribución eléctrica a bordo”. D. Amable López Piñeiro.

ANEXO I:

BALANCE ELÉCTRICO. SITUACIONES DE CONSUMO

BALANCE ELÉCTRICO

CONSUMIDORES	UNIDADES INSTA.	POTENCIA UNITARIA	POT. TOTAL INSTALADA	UNIDADES EN SERVICIO	POTENCIA EN SERVICIO	NAVEGACION		MANIOBRA		PUERTO		EMERGENCIA	
						Ku	KW	Ku	KW	Ku	KW	Ku	KW
AUXILIARES DE LA PROPULSIÓN													
Bomba A.D. refrigeración B.T.	3	62,70	188,10	2	125,40	0,6	75,24	0,5	62,70	0,0	0,00	0,0	0,00
Bomba A.D. refrigeración B.T. (puerto)	1	13,00	13,00	1	13,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,9	11,70	0,0	0,00
Bomba A.D. refrigeración A.T. M.P.	2	49,35	98,70	1	49,35	0,6	29,61	0,5	22,21	0,0	0,00	0,0	0,00
Bomba precalentamiento A.D. del M.P.	1	0,80	0,80	1	0,80	0,0	0,00	0,0	0,00	0,9	0,72	0,0	0,00
Bomba Agua destilada del M.P.	1	0,31	0,31	1	0,31	0,6	0,19	0,5	0,16	0,1	0,03	0,0	0,00
Bomba de A.S. refrigeración	3	49,57	148,71	2	99,14	0,6	59,48	0,5	49,57	0,1	6,94	0,0	0,00
Bomba de aceite eje de levas y válvulas	2	3,10	6,20	1	3,10	0,6	1,86	0,5	1,40	0,0	0,00	0,0	0,00
Bombas de trasiego aceite eje de levas	2	0,90	1,80	1	0,90	0,1	0,09	0,5	0,45	0,0	0,00	0,0	0,00
Bomba de circulación aceite lubricante M.P.	2	119,90	239,80	1	119,90	0,6	71,94	0,5	53,96	0,0	0,00	0,0	0,00
Bomba de trasiego de aceite lub. camisas M.P.	1	0,10	0,10	1	0,10	0,2	0,02	0,5	0,05	0,0	0,00	0,0	0,00
Compresor aire de arranque M.P.	2	39,60	79,20	1	39,60	0,1	3,96	0,5	19,80	0,2	5,94	0,0	0,00
Compresor aire de emergencia y relleno	1	3,21	3,21	1	3,21	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,8	2,57
Compresor aire de servicios	1	1,69	1,69	1	1,69	0,4	0,68	0,2	0,34	0,2	0,34	0,0	0,00
TOTAL AUXILIARES DE LA PROPULSION			**781,62**		**456,50**		**243,07**		**210,62**		**25,67**		**2,57**

CONSUMIDORES	UNIDADES INSTA.	POTENCIA UNITARIA	POT. TOTAL INSTALADA	UNIDADES EN SERVICIO	POTENCIA EN SERVICIO	NAVEGACION		MANIOBRA		PUERTO		EMERGENCIA	
						Ku	KW	Ku	KW	Ku	KW	Ku	KW
GENERADORES DE VAPOR Y AGUA													
Bomba alimentación agua caldera de mecheros	2	3,84	7,68	1	3,84	0,1	0,38	0,1	0,38	1,0	3,84	0,0	0,00
Bomba alimentación agua caldereta gases escape	2	3,84	7,68	1	3,84	0,6	2,30	0,5	1,73	0,0	0,00	0,0	0,00
Bomba eyectora generador de agua dulce	1	4,23	4,23	1	4,23	0,6	2,54	0,5	1,90	0,5	1,90	0,0	0,00
TOTAL GENERADORES VAPOR Y AGUA			**19,59**		**11,91**		**5,23**		**4,02**		**5,74**		**0,00**

CONSUMIDORES	UNIDADES INSTA.	POTENCIA UNITARIA	POT. TOTAL INSTALADA	UNIDADES EN SERVICIO	POTENCIA EN SERVICIO	NAVEGACION		MANIOBRA		PUERTO		EMERGENCIA	
						Ku	KW	Ku	KW	Ku	KW	Ku	KW
MANEJO Y PURIFICACIÓN COMBUSTIBLE Y ACEITE LUBRICANTE													
Bomba trasiego combustible (automáticas)	2	11,40	22,80	1	11,40	0,3	3,42	0,3	2,85	0,1	1,14	0,0	0,00
Bomba trasiego D.O.	1	11,00	11,00	1	11,00	0,6	6,60	0,5	5,50	0,2	2,20	0,0	0,00
Bomba alimentación purificadoras combustible	2	3,60	7,20	1	3,60	0,6	2,16	0,5	1,62	0,2	0,54	0,0	0,00
Purificadoras de F.O.	4	19,00	76,00	4	76,00	0,9	68,40	0,9	68,40	0,3	22,80	0,0	0,00
Purificadora de D.O.	1	17,50	17,50	1	17,50	0,2	3,50	0,1	1,75	0,5	8,75	0,0	0,00
Bomba suministro combustible	2	3,30	6,60	1	3,30	0,6	1,98	0,5	1,49	0,0	0,00	0,0	0,00
Bomba suminstro combustible (puerto)	1	0,38	0,38	2	0,76	0,0	0,00	0,0	0,00	0,9	0,68	0,0	0,00
Bomba circulación combustible	2	8,70	17,40	1	8,70	0,6	5,22	0,5	3,92	0,0	0,00	0,0	0,00
Purificadora de aceite	1	13,40	13,40	1	13,40	1,0	13,40	0,8	10,72	0,4	5,36	0,0	0,00
Bomba de alimentación purificadora de aceite M.P.	1	0,90	0,90	1	0,90	1,0	0,90	0,8	0,72	0,4	0,36	0,0	0,00
Bomba alimentación purificadoras aceite MM.AA.	1	19,00	19,00	1	19,00	1,0	19,00	0,8	15,20	0,4	7,60	0,0	0,00
Purificadora aceite MM.AA.	2	2,40	4,80	2	4,80	1,0	4,80	0,8	3,84	1,0	4,80	0,0	0,00
Bomba de lodos	1	14,60	14,60	1	14,60	0,3	4,38	0,2	2,92	0,2	2,92	0,0	0,00
Incinerador	1	4,50	4,50	1	4,50	0,3	1,35	0,2	0,90	0,2	0,90	0,0	0,00
TOTAL MANEJO Y PURIF. COMB. Y ACEITE LUBRICANTE			**211,58**		**184,96**		**133,76**		**118,92**		**57,15**		**0,00**

BALANCE ELÉCTRICO

CONSUMIDORES	UNIDADES INSTA.	POTENCIA UNITARIA	POT. TOTAL INSTALADA	UNIDADES EN SERVICIO	POTENCIA EN SERVICIO	NAVEGACION		MANIOBRA		PUERTO		EMERGENCIA	
						Ku	KW	Ku	KW	Ku	KW	Ku	KW
SEGURIDAD Y MANEJO DE LA CARGA													
Ventilador bodega 1E	1	2,02	2,02	1	2,02	0,3	0,61	0,2	0,40	0,2	0,40	0,0	0,00
Ventilador bodega 1B	1	2,02	2,02	1	2,02	0,3	0,61	0,2	0,40	0,2	0,40	0,0	0,00
Ventilador bodega 2E	1	5,38	5,38	1	5,38	0,3	1,61	0,2	1,08	0,2	1,08	0,0	0,00
Ventilador bodega 2B	1	5,38	5,38	1	5,38	0,3	1,61	0,2	1,08	0,2	1,08	0,0	0,00
Ventilador bodega 3E	1	9,34	9,34	1	9,34	0,3	2,80	0,2	1,87	0,2	1,87	0,0	0,00
Ventilador bodega 3B	1	9,34	9,34	1	9,34	0,3	2,80	0,2	1,87	0,2	1,87	0,0	0,00
Ventilador bodega 4E	1	9,58	9,58	1	9,58	0,3	2,87	0,2	1,92	0,2	1,92	0,0	0,00
Ventilador bodega 4B	1	9,58	9,58	1	9,58	0,3	2,87	0,2	1,92	0,2	1,92	0,0	0,00
Ventilador bodega 5E	1	6,70	6,70	1	6,70	0,3	2,01	0,2	1,34	0,2	1,34	0,0	0,00
Ventilador bodega 5B	1	6,70	6,70	1	6,70	0,3	2,01	0,2	1,34	0,2	1,34	0,0	0,00
Chigre pescante bote salvavidas	2	17,00	34,00	1	17,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	1,0	17,00
Bomba C.I. Emergencia	1	28,50	28,50	1	28,50	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	1,0	28,50
Bombas de lastre y sentinas	3	33,00	99,00	2	66,00	0,2	13,20	0,1	8,58	0,5	34,98	0,0	0,00
Bomba baldeo y C.I.	2	32,10	64,20	1	32,10	0,6	19,26	0,1	1,61	0,2	4,82	0,0	0,00
Bomba achique sentinas	1	8,75	8,75	1	8,75	0,6	5,25	0,2	1,75	0,5	4,38	0,0	0,00
Bomba separador de Sentinas	1	1,14	1,14	1	1,14	0,3	0,34	0,2	0,23	0,2	0,23	0,0	0,00
Grúas carga (doble)	1	371,24	371,24	1	371,24	0,0	0,00	0,0	0,00	0,6	222,74	0,0	0,00
Grúas carga (100 t)	2	742,48	1484,96	1	742,48	0,0	0,00	0,0	0,00	0,3	222,74	0,0	0,00
Central hidráulica de tapas de escotillas	2	11,00	22,00	1	11,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,4	4,40	0,0	0,00
TOTAL SEGURIDAD Y MANEJO DE LA CARGA			**2179,83**		**1344,25**		**57,86**		**25,37**		**507,49**		**45,50**

CONSUMIDORES	UNIDADES INSTA.	POTENCIA UNITARIA	POT. TOTAL INSTALADA	UNIDADES EN SERVICIO	POTENCIA EN SERVICIO	NAVEGACION		MANIOBRA		PUERTO		EMERGENCIA	
						Ku	KW	Ku	KW	Ku	KW	Ku	KW
EQUIPO DE ACONDICIONAMIENTO													
Unidad aire acondicionado	1	12,65	12,65	1	12,65	0,6	7,59	0,4	5,06	0,8	10,12	0,0	0,00
Compresor aire acondicionado	1	37,35	37,35	1	37,35	0,6	22,41	0,4	14,94	0,8	29,88	0,0	0,00
Extractor cocina	1	3,35	3,35	1	3,35	0,8	2,68	0,2	0,67	0,5	1,68	0,0	0,00
Extractor gambuza	1	0,82	0,82	1	0,82	0,8	0,66	0,2	0,16	0,5	0,41	0,0	0,00
Extractor lavanderia	1	0,32	0,32	1	0,32	0,8	0,26	0,2	0,06	0,5	0,16	0,0	0,00
Ventilador cocina, gambuza y lavanderia	1	1,26	1,26	1	1,26	0,8	1,01	0,2	0,25	0,5	0,63	0,0	0,00
Extractores aseos y pañoles	2	0,76	1,52	2	1,52	0,8	1,22	0,2	0,30	0,5	0,76	0,0	0,00
Extractor cuarto control carga	1	1,26	1,26	1	1,26	0,8	1,01	0,2	0,25	0,5	0,63	0,0	0,00
Extractor local aire acondicionado	1	0,57	0,57	1	0,57	0,8	0,46	0,2	0,11	0,5	0,29	0,0	0,00
Extractor local de baterías	1	0,10	0,10	1	0,10	0,8	0,08	0,2	0,02	0,5	0,05	0,0	0,00
Extractor local CO2	1	0,38	0,38	1	0,38	0,8	0,30	0,2	0,08	0,5	0,19	0,0	0,00
Impulsor local del servo	1	0,50	0,50	1	0,50	1,0	0,50	1,0	0,50	0,0	0,00	1,0	0,50
Extractor local del servo	1	0,80	0,80	1	0,80	1,0	0,80	1,0	0,80	0,0	0,00	1,0	0,80
Impulsor local grupo emergencía	1	0,80	0,80	1	0,80	0,1	0,08	0,0	0,00	0,0	0,00	1,0	0,80
Extractor local grupo de emergencia	1	0,25	0,25	1	0,25	0,1	0,03	0,0	0,00	0,0	0,00	1,0	0,25
Impulsores de Cámara de Máquinas	2	27,70	55,40	4	110,80	1,0	110,80	0,2	22,16	0,5	55,40	0,2	22,16
Extractores de Cámara de Máquinas	2	27,70	55,40	2	55,40	1,0	55,40	0,2	11,08	0,5	27,70	0,2	11,08
Extractor local de purificadoras	1	2,80	2,80	1	2,80	1,0	2,80	0,8	2,24	0,1	0,28	0,0	0,00
TOTAL EQUIPO DE ACONDICIONAMIENTO			**175,53**		**230,93**		**208,07**		**58,70**		**128,17**		**35,59**

CONSUMIDORES	UNIDADES INSTA.	POTENCIA UNITARIA	POT. TOTAL INSTALADA	UNIDADES EN SERVICIO	POTENCIA EN SERVICIO	NAVEGACION		MANIOBRA		PUERTO		EMERGENCIA	
						Ku	KW	Ku	KW	Ku	KW	Ku	KW
ACCESORIOS DE IZADO Y MANTENIMIENTO													
Puente Grua desmontaje C.M.	1	4,73	4,73	1	4,73	0,4	1,89	0,0	0,00	0,5	2,37	0,0	0,00
Polipasto izado provisiones	1	5,00	5,00	1	5,00	0,1	0,50	0,0	0,00	0,4	2,00	0,0	0,00
Pescantes de botes de rescate	2	12,70	25,40	2	25,40	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	1,0	25,40
Ascensor	1	4,00	4,00	1	4,00	0,4	1,60	0,2	0,80	0,2	0,80	0,0	0,00
Montacargas	1	1,50	1,50	1	1,50	0,3	0,45	0,3	0,45	0,3	0,45	0,0	0,00
Cuadro pruebas taller eléctrico	1	2,20	2,20	1	2,20	0,2	0,44	0,0	0,00	0,1	0,22	0,0	0,00
Equipo de taller	1	8,09	8,09	1	8,09	0,2	1,62	0,0	0,00	0,1	0,81	0,0	0,00
TOTAL ACCESORIOS DE IZADO Y MANTENIMIENTO			**50,92**		**50,92**		**6,50**		**1,25**		**6,64**		**25,40**

CONSUMIDORES	UNIDADES INSTA.	POTENCIA UNITARIA	POT. TOTAL INSTALADA	UNIDADES EN SERVICIO	POTENCIA EN SERVICIO	NAVEGACION		MANIOBRA		PUERTO		EMERGENCIA	
						Ku	KW	Ku	KW	Ku	KW	Ku	KW
EQUIPO DE FONDA Y HOTEL													
Compresor frigorífico de la gambuza	2	10,00	20,00	1	10,00	0,4	4,00	0,3	2,50	0,3	2,50	0,0	0,00
Ventiladores de la instalación frigorífica de la gambuza	4	0,23	0,92	4	0,92	0,4	0,37	0,3	0,23	0,3	0,23	0,0	0,00
Cocina	1	20,00	20,00	1	20,00	0,4	8,00	0,3	6,00	0,3	6,00	0,0	0,00
Horno	1	5,00	5,00	1	5,00	0,4	2,00	0,3	1,50	0,3	1,50	0,0	0,00
Amasadora	1	1,00	1,00	1	1,00	0,4	0,40	0,3	0,30	0,3	0,30	0,0	0,00
Marmita	1	12,00	12,00	1	12,00	0,4	4,80	0,3	3,60	0,3	3,60	0,0	0,00
Parrilla	1	3,00	3,00	1	3,00	0,4	1,20	0,3	0,90	0,3	0,90	0,0	0,00
Peladora	1	0,50	0,50	1	0,50	0,4	0,20	0,3	0,15	0,3	0,15	0,0	0,00
Frigorífico	1	0,59	0,59	1	0,59	0,8	0,47	0,2	0,12	0,5	0,30	0,0	0,00
Lavandería, secado y planchado	1	19,50	19,50	1	19,50	0,6	11,70	0,3	5,85	0,3	5,85	0,0	0,00
Bomba de A.D. sanitaria	2	1,60	3,20	1	1,60	0,6	0,96	0,3	0,40	0,3	0,40	0,0	0,00
Bomba de agua caliente	2	0,32	0,64	1	0,32	0,6	0,19	0,5	0,16	0,5	0,16	0,0	0,00
Calentador de agua	1	12,01	12,01	1	12,01	1,0	12,01	0,0	0,00	0,5	6,01	0,0	0,00
Potabilizador	1	0,10	0,10	1	0,10	0,8	0,08	0,8	0,08	0,8	0,08	0,0	0,00
Planta de tratamiento aguas residuales	1	2,50	2,50	1	2,50	0,8	2,00	0,8	2,00	0,8	2,00	0,0	0,00
TOTAL EQUIPO DE FONDA Y HOTEL			**100,96**		**89,04**		**48,38**		**23,79**		**29,97**		**0,00**

CONSUMIDORES	UNIDADES INSTA.	POTENCIA UNITARIA	POT. TOTAL INSTALADA	UNIDADES EN SERVICIO	POTENCIA EN SERVICIO	NAVEGACION		MANIOBRA		PUERTO		EMERGENCIA	
						Ku	KW	Ku	KW	Ku	KW	Ku	KW
EQUIPO GOBIERNO Y MANIOBRA													
Servomotor	1	25,40	25,40	1	25,40	0,6	15,24	0,4	10,16	0,0	0,00	0,4	10,16
Hélice de proa	1	1250,00	1250,00	1	1250,00	0,0	0,00	0,8	1000,00	0,0	0,00	0,0	0,00
Molinetes de anclas	2	96,10	192,20	2	192,20	0,0	0,00	0,2	38,44	0,0	0,00	0,0	0,00
Chigre de amarre	4	77,00	308,00	4	308,00	0,0	0,00	0,3	77,00	0,3	77,00	0,0	0,00
TOTAL EQUIPO GOBIERNO Y MANIOBRA			**1775,60**		**1775,60**		**15,24**		**1125,60**		**77,00**		**10,16**

CONSUMIDORES	UNIDADES INSTA.	POTENCIA UNITARIA	POT. TOTAL INSTALADA	UNIDADES EN SERVICIO	POTENCIA EN SERVICIO	NAVEGACION		MANIOBRA		PUERTO		EMERGENCIA	
						Ku	KW	Ku	KW	Ku	KW	Ku	KW
EQUIPO DE NAVEGACIÓN, COMUNICACIONES Y ALUMBRADO													
Equipo T.S.H.	1	3,35	3,35	1	3,35	0,4	1,34	0,2	0,67	0,0	0,00	0,8	2,68
Equipo de navegación y comunicaciones	1	2,65	2,65	1	2,65	1,0	2,65	0,8	2,12	0,0	0,00	0,8	2,12
Cuadro de bajo voltaje	1	0,45	0,45	1	0,45	0,6	0,27	0,2	0,09	0,0	0,00	0,2	0,09
Cuadro de servicios específicos de puente y máquinas	1	1,60	1,60	1	1,60	0,6	0,96	0,5	0,80	0,1	0,16	0,2	0,32
Tifón	1	3,61	3,61	1	3,61	0,4	1,44	0,2	0,72	0,0	0,00	0,0	0,00
Alumbrado locales interiores	1	117,28	117,28	1	117,28	0,8	93,83	0,2	23,46	0,8	93,83	0,6	70,37
Luces de navegación y señales	1	0,50	0,50	1	0,50	0,8	0,40	0,5	0,25	0,2	0,10	0,2	0,10
TOTAL EQUIPO DE NAVEGACIÓN, COMUNICACIONES Y ALUMBRADO			**129,44**		**129,44**		**100,89**		**28,11**		**94,09**		**75,68**

CONSUMIDORES	UNIDADES INSTA.	POTENCIA UNITARIA	POT. TOTAL INSTALADA	UNIDADES EN SERVICIO	POTENCIA EN SERVICIO	NAVEGACION		MANIOBRA		PUERTO		EMERGENCIA	
						Ku	KW	Ku	KW	Ku	KW	Ku	KW
CONSUMIDORES A 220 V													
Enfriador de agua potable	5	0,34	1,70	5	1,70	0,6	1,02	0,2	0,34	0,2	0,34	0,0	0,00
Buscador de radio dirección	1	0,10	0,10	1	0,10	1,0	0,10	0,8	0,08	0,0	0,00	0,5	0,05
LORAN C	1	0,10	0,10	1	0,10	1,0	0,10	0,8	0,08	0,0	0,00	0,5	0,05
Ecosonda	1	0,25	0,25	1	0,25	0,0	0,00	1,0	0,25	0,0	0,00	0,0	0,00
Altavoz de órdenes	1	0,20	0,20	1	0,20	0,6	0,12	0,2	0,04	0,2	0,04	0,5	0,10
Teléfonos automáticos	1	0,20	0,20	1	0,20	0,6	0,12	0,5	0,10	0,5	0,10	0,5	0,10
Consola de control C.M.	1	4,10	4,10	1	4,10	0,8	3,28	0,2	0,82	0,5	2,05	0,2	0,82
Consola del timón	1	1,50	1,50	1	1,50	0,8	1,20	0,5	0,75	0,0	0,00	0,5	0,75
Control remoto de válvulas	1	1,50	1,50	1	1,50	0,8	1,20	0,5	0,75	0,5	0,75	0,5	0,75
TOTAL CONSUMIDORES A 220 V			**9,65**		**9,65**		**7,14**		**3,21**		**3,28**		**2,62**

PRE-ENGINEERED MEDIUM-SPEED GENERATING SETS

Main data of generators	**60 Hz**	**50 Hz**
Voltage	450, 690 V	400, 690 V
Protection class	IP 23, IP 44 *	IP 23, IP 44 *
Temperature rise and isolation	Class F	Class F
Cooling	Air, water *	Air, water *

* Option

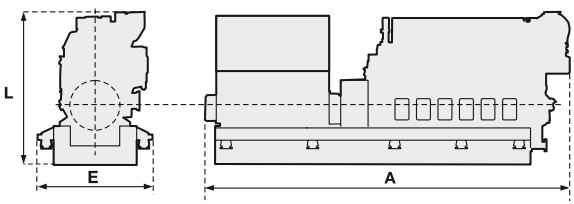
Fuel oil specification:
730 cSt/50°C, 7200 sR1/100°F, ISO 8217, category ISO-F-RMK 55

60 Hz

	Output		Dimensions (mm) and weights (tonnes)			
Type	kWe	kVA	A	E	L	Weight
520W4L20	520	650	3 837	1 720	2 243	13.4
645W4L20	645	806	4 390	1 720	2 243	14.0
760W6L20	760	950	4 988	1 720	2 243	17.0
875W6L20	875	1 094	5 048	1 720	2 243	17.3
975W6L20	975	1 219	5 158	1 720	2 243	17.9
1050W6L20	1 050	1 313	5 083	1 920	2 243	19.1
1200W8L20	1 200	1 500	5 758	1 920	2 490	21.2
1400W9L20	1 400	1 750	6 163	1 920	2 474	23.2
1600W9L20	1 600	2 000	6 513	1 920	2 474	23.6
1800W6L26	1 800	2 250	6 422	2 246	2 938	31.7
2100W8L26	2 100	2 625	7 664	2 332	3 025	41.7
2400W8L26	2 400	3 000	7 744	2 332	3 025	42.3
2700W9L26	2 700	3 375	8 799	2 332	3 090	46.8

50 Hz

	Output		Dimensions (mm) and weights (tonnes)			
Type	kWe	kVA	A	E	L	Weight
520W4L20	520	650	3 648	1 770	2 243	13.0
670W4L20	670	838	3 837	1 770	2 243	13.6
790W6L20	790	988	4 988	1 770	2 243	16.2
860W6L20	860	1 075	5 048	1 770	2 243	16.9
1000W6L20	1 000	1 250	5 158	1 770	2 243	17.5
1140W6L20	1 140	1 425	5 288	1 770	2 243	18.1
1350W8L20	1 350	1 688	5 758	1 920	2 490	21.7
1550W9L20	1 550	1 938	6 163	1 920	2 474	22.9
1740W9L20	1 740	2 175	6 513	1 920	2 474	24.4
1950W6L26	1 950	2 438	6 422	2 246	2 938	31.7
2250W8L26	2 250	2 813	7 644	2 332	3 025	41.7
2550W9L26	2 550	3 188	8 809	2 332	3 090	46.5
2850W9L26	2 850	3 563	8 809	2 332	3 090	46.5



Emergency Harbour

GEN-SET MODEL	CONT. POWER (kVA)	GEN-SET MODEL	CONT. POWER (kVA)	ENGINE MODEL	CYL	ASP	DIMENSION (mm)			WEIGHT (kg)
	50Hz		60Hz				W	L	H	
TJ110MME1	106	TJ110MME2	133	D0824LE201	I - 4	TI	810	2300	1300	1400
TJ130MME1	130	TJ130MME2	148	D2866E	I - 6	NA	860	2640	1560	1890
TJ160MME1	160	TJ160MME2	200	D2866TE	I - 6	T	860	2700	1560	1950
TJ200MME1	203	TJ200MME2	230	D2866TE	I - 6	TI	860	2700	1560	2000
TJ280MME1	282	TJ280MME2	324	D2866LXE20	I - 6	TI	910	2900	1600	2450
TJ320MME1	317	TJ320MME2	375	D2866LE201	I - 6	TI	910	3000	1600	2600
TJ350MME1	350	TJ350MME2	445	D2848LE201	V - 08	TI	1370	3000	1650	3100
TJ425MME1	425	TJ425MME2	481	D2848LE201	V - 08	TI	1370	3000	1650	3200
TJ500MME1	500	TJ500MME2	608	D2840LE201	V - 10	TI	1370	3570	1650	3500
TJ650MME1	642	TJ650MME2	732	D2842LE201	V - 12	TI	1400	3750	1700	3925

BUQUE POLIVALENTE 20000 TPM

CUADERNO Nº 12
PRESUPUESTO

Proyecto nº 1674
Tutor: D. Francisco Alonso Thous

Jesús Enrique Terciado Terciado

Antonio Villalba Herreros

INDICE

1-. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente documento es realizar una estimación del coste de construcción del buque de proyecto. En este presupuesto no se han incluido los gastos financieros que pudieran derivarse de dicha construcción, por no considerarse este cálculo objetivo del ejercicio.

Este presupuesto se ha realizado según el formato de la Dirección General de la Marina Mercante, para lo cual se ha hecho uso de las siguientes referencias:

- "Apuntes de Proyectos. Volumen I" (en lo sucesivo AP-I) de D. Jaime Torroja Menéndez.
- Catálogos comerciales relativos a equipamiento naval
- Información utilizada por diversos astilleros y oficinas técnicas.

El presupuesto ha sido desglosado en varias partidas generales, para cada una de las cuales se han detallado los gastos estimados de materiales y la mano de obra de cada equipo o instalación. A continuación se adelanta una descripción de dichas partidas:

a. **Costes varios de astillero.** Esta partida contempla los costes originados en la etapa de proyecto, los costes debidos a la clasificación del buque por Germanischer Lloyd's, así como los relativos a los certificados necesarios para la operatividad del buque. Además se consideran aquí los gastos de pruebas y garantías.

b. **Casco.** Se incluyen en este punto los costes de construcción de la estructura de acero del buque así como los ocasionados por los procesos de soldadura, preparación de superficies y pintado de las mismas.

c. **Equipo, armamento e instalaciones.** Se consideran los costes de armamento de los equipos de fondeo, amarre y remolque y los gastos relativos a los distintos medios de salvamento, habilitación, equipos de fonda y hotel, equipos de acondicionamiento en alojamientos, equipos de navegación y comunicaciones, medios contraincendios convencionales así como los gastos en equipos convencionales de servicio de la carga y los relativos a instalaciones eléctricas, conductos y tuberías. Se consideran además una serie de costes adicionales como accesorios varios.

d. **Maquinaria auxiliar de cubierta**. Se incluyen los costes relativos al equipo de gobierno y a la maquinaria del equipo de fondeo y amarre.

e. **Instalación propulsora**. Se consideran aquí los costes derivados de la instalación a bordo del motor principal así como los relativos a la disposición de la línea de ejes y la hélice propulsora.

f. **Maquinaria auxiliar de propulsión.** Se contabilizan en esta partida los costes relativos a la planta de generación eléctrica y los distintos equipos de circulación, refrigeración y lubricación de la planta propulsora y auxiliar. Además se incluyen los costes de los equipos de generación de vapor, arranque de motores, manejo de combustible y purificación, así como los costes en equipos auxiliares de casco, equipos sanitarios y varios.

g. **Cargos y respetos.** Se incluyen aquí los costes de la disposición de los cargos y respetos reglamentarios, no reglamentarios y especiales.

h. **Instalaciones especiales.** Se presupuestan los costes relativos a los equipos para el manejo de cargas líquidas, las instalaciones y equipos de automatización, telecontrol y alarma, los sistemas de estabilización y los sistemas auxiliares de maniobra. Además se incluyen los costes de las instalaciones y equipos especiales contraincendios y de seguridad.

i. **Beneficio del astillero.** Dada la dependencia del beneficio del astillero respecto a numerosos factores tales como la coyuntura de mercado, la productividad de la mano de obra, las fluctuaciones de los precios de los materiales y equipos, etc., no existe ninguna referencia válida para tomar. El beneficio de la empresa constructora puede alcanzar hasta el 10% ó 15% del coste en casos muy favorables o llegar a ser negativo en peores situaciones. Por todo ello se ha decidido fijar este beneficio en el 6% del coste de construcción del buque.

En los cálculos que a continuación se detallan se han utilizado los siguientes valores, obtenidos a partir de un análisis de mercado:

- Coste medio de mano de obra: 42 €/h
- Precio medio del acero (alta calidad): 680 €/T

En los apartados siguientes se exponen los criterios empleados en el cálculo del presupuesto, haciendo referencia, en muchas ocasiones a la formulación recogida en la bibliografía mencionada. En el anexo I de este documento se adjunta el presupuesto con los valores correspondientes a cada partida.

2-. COSTES VARIOS DE ASTILLERO

Se citan a continuación los distintos costes varios de astillero que deben incluirse en el presupuesto de diseño y construcción del buque de proyecto:

2.1-. Costes de ingeniería

Se incluyen aquí los siguientes costes:

- Costes de proyecto
- Ensayos de Canal
- Estudios diversos de consultoría

2.2-. Clasificación, reglamentación y certificados

Se consideran aquí los siguientes costes:

- Sociedad de Clasificación
- Otras Entidades Reguladoras
- Inspección de Buques
- Colegio Oficial de Ingenieros Navales

2.3-. Pruebas y garantías

Se citan a continuación los costes incluidos en esta partida:

- Botadura
- Prácticos y Remolcadores
- Varada
- Pruebas, ensayos, montadores y supervisores
- Garantía

2.4-. Servicios auxiliares durante la construcción

Se incluyen los siguientes costes:

- Andamiaje
- Instalaciones provisionales de fuerza y alumbrado
- Limpieza

2.5-. Otros costes generales

Entre otros se incluyen los costes del seguro de construcción del buque.

Una valoración aproximada del conjunto de los costes varios de astillero podría estimarse entre un 3 % y un 5 % del valor total de construcción del buque.

3-. COSTE DE LA ESTRUCTURA

3.1-. Acero laminado

3.1.1-. Chapas y Perfiles de Acero

Se estimará un precio medio de chapas de acero naval y perfiles de 680 €/T para las calidades empleadas en la construcción del buque de proyecto. Conocido el peso neto de acero del buque (P_S), se estima el precio del total de esta partida con ayuda de la expresión:

$$P_{casco} = 1{,}15 \cdot K_S \cdot 85.000 \cdot P_S$$

Se ha considerado un factor de un 15 %, ya que en el peso del acero bruto debe tenerse en cuenta las pérdidas de acero en el proceso de anidado y los excesos de peso de laminación. Además se considerará un factor de productividad en el astillero, K_S, de 1,5.

En cuanto al número de horas de mano de obra necesarias, se estiman con ayuda de la expresión (3.139) de AP-I, que incluye, además, el tiempo necesario para la instalación de polines y palos del casco.

3.1.2-. Palos y Polines

El peso aproximado de palos y polines instalados a bordo se estima con ayuda de las expresiones (3.1) y (3.2) que aparecen en la referencia AP-I.

El número de horas de mano de obra está incluido en las relativas a la partida de chapas y perfiles.

3.2-. Resto de materiales del casco

Se trata de las piezas fundidas y forjadas dispuestas en la estructura del codaste del buque. Su coste se estima mediante la fórmula (3.3) de AP-I, que tiene en cuenta las dimensiones principales del timón (longitud y altura). El número de horas de mano de obra necesarias puede calcularse con la expresión (3.140) de AP-I.

3.3-. Timón y accesorios

El coste aproximado de materiales del timón, mecha y pinzotes se obtiene con la expresión (3.4) de AP-I. Por su parte, el número de horas de mano de obra empleadas puede calcularse con la fórmula (3.141) de AP-I.

3.4-. Materiales auxiliares de construcción del casco

En esta partida se incluyen diversos consumibles y materiales auxiliares empleados en la construcción del casco tales como electrodos, gases de soldadura, materiales y herramientas diversos, etc. Su coste se estima en 50 € por cada tonelada de acero estructural empleado. No procede el cómputo de horas de mano de obra asociadas a esta partida.

3.5-. Preparación de superficies

Dadas las condiciones del mercado el coste de la preparación de superficies se estima en 10 €/m^2 para superficies externas y en 17 €/m^2 para superficies internas. En este precio se incluye el granallado e imprimación de estas superficies.

Por su parte, el número de horas de mano de obra es de aproximadamente 0,02 h/m^2, considerando la suma de la superficie exterior de obra viva y obra muerta y la superficie interior.

3.6-. Pintura y control de corrosión.

Se considerarán los siguientes precios para las distintas zonas del buque:

ZONA CASCO	PRECIO (€/m^2)
Obra viva y flotación	12,02
Obra muerta	6,91
Cubierta exterior y chimenea	5,11
Exterior de superestructura	5,11
Cámara de máquinas	6,61
Tanques de carga	6,01
Tanques de lastre	7,81

El coste de las operaciones de repasos y varios supone un 15 % del coste total de esta partida mientras que el coste del galvanizado se estima en el 7,5 % del total y la protección catódica por ánodos de sacrificio se estima en un 4 % del mismo. Estas tres partidas suponen pues un 26,5 % de sobrecoste que hay que considerar.

El coste de mano de obra global de las operaciones de pintura, galvanizado y protección catódica puede calcularse con la expresión (3.142) de AP-I.

4-. EQUIPO, ARMAMENTO E INSTALACIONES

4.1-. Equipo de fondeo, amarre y remolque

4.1.1-. Anclas

Se puede estimar un precio de 2.404,05 €/T de acero para cada una de las anclas dispuestas a bordo. Se recuerda que hay 3 anclas (una de ellas de respeto) de 6 T cada una, según los requerimientos de la Sociedad de Clasificación.

4.1.2-. Cadenas, Cables y Estachas

Su coste aproximado puede calcularse con la expresión (3.7) de AP-I.

En cuando al coste de horas de mano de obra se estima en conjunto en los apartados 14.4.1. y 14.4.2., según la expresión (3.143) dispuesta en AP-I.

4.2-. Medios de salvamento

4.2.1-. Botes Salvavidas

El coste aproximado de los botes salvavidas se estima con ayuda de la expresión (3.8) de AP-I, en función del tipo de bote instalado. En este caso se dispondrá de un bote cerrado con propulsión a motor.

4.2.2-. Bote de Rescate

Se dispondrá un bote de rescate en la banda de estribor. Su precio aproximado se estima con la expresión (3.8) de AP-I, considerando que se trata de un bote con propulsión fueraborda.

4.2.3-. Balsas Salvavidas

Se estima un precio unitario aproximado para cada una de las balsas dispuestas a bordo según la fórmula (3.9) de AP-I.

4.2.4-. Dispositivos de Lanzamiento de Botes y Balsas

El coste unitario de cada uno de los pescantes de los botes y balsas salvavidas puede obtenerse de forma aproximada utilizando la expresión (3.10) de AP-I.

4.2.5-. Varios

En esta partida se incluyen el coste de aros, chalecos salvavidas, señales, lanzacabos y elementos varios de salvamento y su cuantía se estima con ayuda de la expresión (3.11) de AP-I.

En cuanto a las horas de mano de obra imputables a la instalación de medios de salvamento se utilizará la expresión (3.144) de AP-I.

4.3-. Habilitación de alojamientos

Su coste se estima a partir del área total de la habilitación en m^2 y de la calidad de los materiales empleados. La expresión a utilizar es la (3.12) de la

referencia AP-I y se considerará que los materiales empleados son de alta calidad. La superficie total de habilitación es aproximadamente 1.773 m^2.

En cuanto al número de horas de mano de obra, se ha considerado de 16 h/m^2 de alojamientos en la habilitación.

4.4-. Equipos de fonda y hotel

4.4.1-. Cocina y oficios

El coste total en materiales se estima utilizando la expresión (3.13) de AP-I considerando que el buque de proyecto es un buque de tipo oceánico.

4.4.2-. Gambuzas frigoríficas

El coste total depende del volumen neto de la gambuza y se estima según la expresión (3.4) de AP-I.

4.4.3-. Equipos de lavandería y varios

Su coste se estima en 250 € por persona que pernocte a bordo, incluyendo tripulación, pasaje y personal de fonda.

En cuanto al número de horas de mano de obra dedicadas a la partida de habilitación de alojamientos se estima en 115 horas/tripulante.

4.5-. Equipos de acondicionamiento de alojamientos

4.5.1-. Equipos de Calefacción y Aire Acondicionado

El coste medio de estos equipos de acondicionamiento de aire se estima en 60 €/m^2. En cuanto a los radiadores instalados a bordo su coste se estima en unas 75 €/tripulante.

4.5.2-. Ventilación Mecánica

Para sistemas de ventilación mecánica independientes de los instalados en los equipos de acondicionamiento de aire su coste total se estima con ayuda de la expresión (3.15) de AP-I.

En cuanto a la estimación del número de horas de mano de obra necesarias para esta partida se tomará igual a 2 horas/m^2 de alojamientos.

4.6-. Equipos de navegación y comunicaciones

4.6.1-. Equipos de Navegación

Su coste se estima basándose en los datos de la tabla dispuesta en AP-I y cuyo rango de precios aproximados es el que se muestra en la tabla de la página siguiente:

EQUIPO	COSTE MÍNIMO (miles de €)	COSTE MÁXIMO (miles de €)
Compás magnético	1,20	2,70
Compás giroscópico	12,02	42,07
Piloto automático	6,01	6,01
Radar de movimiento verdadero	51,69	51,69
Radar de movimiento relativo	4,81	15,03
Radiogoniómetro	1,80	7,81
Receptor de cartas	3,91	4,81
Corredera	2,40	7,81
Sonda	2,85	4,21
Sistema de navegación por satélite	3,01	7,21

En cuanto al coste estimado de los equipos auxiliares de navegación se estima en un 8 % del coste de los equipos anteriores.

4.6.2-. Equipo de Comunicaciones Externas e Internas

El coste aproximado del equipo de comunicaciones externas incluye los costes de telegrafía, telefonía y del sistema de comunicación por satélite y se estima en 110.000 € puesto que se trata de un equipo de alto nivel. Este valor está en el rango alto recomendado en la referencia AP-I.

En cuanto a los costes del equipo de comunicaciones internas pueden estimarse según la expresión (3.16) de AP-I.

Los costes de mano de la instalación de los equipos de navegación y comunicaciones pueden estimarse con la fórmula (3.145) de AP-I.

4.7-. Medios contraincendios convencionales

Se dispondrán a bordo medios contraincendios convencionales en cámara de máquinas y en la zona de carga debido a los requerimientos de seguridad en este tipo de buques. Por lo tanto, su coste aproximado es proporcional al volumen de los espacios de carga. La expresión que se utilizará es la (3.18) de AP-I.

Los costes de horas de mano de obra pueden estimarse en unas 5,5 horas por metro de eslora del buque de proyecto.

4.8-. Instalación eléctrica

Su coste se estima en función de la potencia eléctrica total instalada a bordo de acuerdo con la fórmula (3.28) propuesta en la referencia AP-I. En este precio se incluyen los equipos generadores, cuadros de distribución, baterías, transformadores, cables y aparellaje diverso.

Por su parte, los costes de horas de mano de obra pueden estimarse con ayuda de la expresión (3.149) de AP-I que depende de la potencia total instalada y de la superficie de la habilitación.

4.9-. Tuberías

El coste total de materiales de tuberías y conductos se estima con la fórmula (3.29) de AP-I considerando que el motor principal consume combustible pesado.

El coste de las horas de mano de obra se estima con ayuda de la expresión (3.150) de AP-I.

4.10-. Accesorios de equipo, armamento e instalaciones

Se incluyen aquí una serie de equipos y accesorios cuyos costes serán estimados con las expresiones correspondientes de AP-I según se ha venido haciendo con las partidas anteriores. En la tabla siguiente se recogen los diversos equipos y el número de las fórmulas empleadas para la estimación del coste de materiales:

EQUIPO O ACCESORIO	Nº EXPRESIÓN
Puertas metálicas, ventanas y portillos	(3.30)
Escaleras, pasamanos y candeleros	(3.31)
Escotillas de acceso, lumbreras y registros	(3.32)
Accesorios de fondeo y amarre	(3.33)
Botes de servicio, grúas de servicio y pescantes	(3.34)
Escalas reales, planchas de desembarco y escalas de práctico	(3.35)
Toldos, fundas y accesorios de la estiba de respetos	(3.36)

Por su parte, el coste de horas de mano de obra se estima con la expresión (3.151) de AP-I.

5-. MAQUINARIA AUXILIAR DE CUBIERTA

5.1-. Equipo de gobierno

5.1.1-. Servomotor

Su coste puede obtenerse de manera aproximada utilizando la expresión (3.37) de AP-I que es función del par (en Tm · m) que ejerce el servomotor sobre el eje del timón. Si se desconoce el valor del par de trabajo se estima con ayuda de la expresión (3.38) de AP-I.

El coste aproximado de horas de mano de obra se estima en función de la eslora del buque de proyecto según la expresión (3.152) de AP-I.

5.2-. Equipo de fondeo y amarre

5.2.1-. Molinete

Se puede estimar su coste en concepto de materiales utilizando la expresión (3.39) de AP-I que depende del diámetro de la cadena en milímetros.

5.2.2-. Chigres de Maniobra y sus Equipos de Accionamiento

El coste unitario de maquinillas de amarre de tipo normal se estima en función de la tracción que ejercen de acuerdo con la fórmula (3.41) de AP-I.

En cuanto al coste en horas de mano de obra de los trabajos de instalación del equipo de fondeo y amarre en cubierta, pueden calcularse de forma aproximada con ayuda de la expresión (3.153) de AP-I.

6-. INSTALACIÓN PROPULSORA

6.1-. Maquinaria propulsora principal

El coste aproximado del motor principal MAN B&W L70MC de 7 cilindros que se ha dispuesto en el buque es de 4.808.096,84 €, y supone alrededor del 12 % del coste total del buque, lo que es usual en este tipo de buques.

El número de horas de mano de obra necesarias para la instalación del motor principal se estima con la expresión (3.154).

6.2-. Línea de ejes

Se incluyen aquí una serie de equipos e instalaciones relacionados con el montaje y funcionamiento de la línea de ejes entre el motor principal y la hélice propulsora. Los costes de materiales serán estimados con las expresiones correspondientes de la referencia AP-I utilizada. No se consideran costes relativos a reductoras puesto que no procede su instalación a bordo según la especificación de proyecto.

En la tabla siguiente se recogen los diversos equipos e instalaciones y el número de las fórmulas empleadas para la estimación del coste de materiales:

EQUIPO O INSTALACIÓN	Nº EXPRESIÓN
Acoplamiento elástico	(3.44)
Ejes y chumaceras	(3.47)
Bocina y cierres	(3.48)
Freno y torsiómetro	(3.49)

Los costes imputables a horas de mano de obra pueden calcularse de forma aproximada con ayuda de la expresión (3.155) de AP-I.

6.3-. Hélice propulsora

El coste de la hélice propulsora de paso no controlable instalada en el buque de proyecto se estima en 180.303,63 €.

Por su parte, el número de horas de mano de obra puede calcularse de acuerdo con la fórmula (3.156) de la referencia AP-I.

7-. MAQUINARIA AUXILIAR

7.1-. Grupos electrógenos

El coste de cada uno de los grupos generadores diesel puede ser calculado de forma aproximada por medio de la expresión (3.50) de AP-I.

Las horas correspondientes de mano de obra correspondientes a esta partida se estiman con ayuda de la expresión (3.157) de AP-I.

7.2-. Equipo de circulación, refrigeración y lubricación

Su coste se estima de acuerdo con la expresión (3.54) de AP-I, en la que la potencia del motor principal influye de manera directa.

Por su parte, el número de horas de mano de obra puede calcularse de forma aproximada con ayuda de la expresión (3.158) de la mencionada referencia.

7.3-. Equipos generadores de vapor

Su coste aproximado puede calcularse con ayuda de la fórmula (3.55) de AP-I y depende del número y tipo de calderas instaladas y de sus características técnicas.

La cantidad de horas de mano de obra necesarias para la instalación de estos equipos se estima con la expresión (3.159) de AP-I.

7.4-. Equipos de arranque de motores

Su coste depende del caudal en m^3/h suministrado por los compresores, y puede ser calculado de forma aproximada con ayuda de la fórmula (3.56) de AP-I.

Las horas correspondientes a la instalación de estos equipos pueden estimarse con ayuda de la fórmula (3.160) de AP-I.

7.5-. Equipos de manejo de combustible

El coste de estos equipos puede calcularse con ayuda de la expresión (3.57) de la referencia AP-I, donde hay que considerar el número de bombas de trasiego de combustible y aceite además del caudal de cada una de ellas en m^3/h.

El número de horas de mano de obra necesarias para su montaje a bordo puede ser hallado de forma aproximada con la fórmula (3.161) de AP-I.

7.6-. Equipos de purificación

El coste de los equipos de purificación centrífugos para aceite y combustible, junto con el de los calentadores que llevan aparejados, se estima con ayuda de la expresión (3.58) de AP-I.

Por su parte, el coste del equipo de manejo de lodos, trasiegos y derrames se estima en conjunto en unas 3.100 €, mientras que el equipo de tratamiento de aditivos para limpieza puede calcularse de forma aproximada con la fórmula (3.59) de la referencia AP-I. Por último, el equipo de mezcla de combustible tiene un coste aproximado conjunto de unos 42.000 €.

Las horas de mano de obra necesarias para la instalación de estos equipos de purificación mencionados anteriormente se estima con ayuda de la fórmula (3.162) de AP-I.

7.7-. Equipos auxiliares de casco

Dentro de esta partida se incluyen las bombas contraincendios, de lastre, de servicios generales y de sentinas. El coste aproximado de estos equipos puede calcularse de acuerdo con la expresión (3.61) de AP-I.

Además hay que considerar las separadoras de sentinas junto con sus bombas y alarmas correspondientes, cuyo coste se estima con la fórmula (3.62) de AP-I.

El número de horas de mano de obra necesarias para la instalación de estos equipos puede obtenerse de forma aproximada con la expresión (3.163) de AP-I.

7.8-. Equipos sanitarios

En la tabla siguiente se muestra cada equipo de esta partida la referencia de la expresión utilizada.

EQUIPO O INSTALACIÓN	Nº EXPRESIÓN
Generador de agua dulce	(3.63)
Grupos hidróforos	(3.64)
Planta de tratamiento de aguas negras	(3.65)
Incinerador de residuos sólidos	(3.66)

El número de horas de mano de obra necesarias para la instalación de todos estos equipos se estima de acuerdo con la fórmula (3.164) de AP-I.

7.9-. Equipos y varios

Se incluyen en esta partida los costes de los equipos que se resumen en la tabla siguiente, donde se ha indicado la expresión que se ha utilizado en la estimación del precio de cada uno de ellos.

EQUIPO O INSTALACIÓN	Nº EXPRESIÓN
Ventilación en cámara de maquinas	(3.63)
Equipos de desmontaje en cámara de máquinas	(3.64)
Taller de maquinas	(3.65)

Por su parte, el número de horas de mano de obra utilizadas en la disposición de estos equipos a bordo puede calcularse de forma aproximada con la expresión (3.165) de AP-I.

8-. CARGOS Y RESPETOS

8.1-. Cargos y respetos no reglamentarios

Los costes derivados de los cargos y respetos reglamentarios suelen incluirse en el de los correspondientes equipos por lo que no cabe considerarlos. Sin embargo, los costes de los cargos y respetos no reglamentarios se estiman mediante la expresión (3.69) de AP-I.

8.2-. Respetos especiales

El coste de la hélice de respeto se calcula en función del peso y precio unitario de la hélice de servicio ya que ambas hélices son idénticas en la mayoría de los casos. Por su parte, el coste del eje de cola de respeto puede calcularse de forma aproximada con la expresión (3.70) de AP-I.

El número de horas de mano de obra a considerar en esta partida completa se estima con ayuda de la expresión (3.166) de AP-I.

9-. INSTALACIONES ESPECIALES

9.1-. Equipos especiales de servicio de la carga

9.1.1-. Equipos para el manejo de líquidos

El coste de las electrobombas centrífugas de descarga instaladas a bordo y el del sistema de autocebado pueden estimarse con las expresiones (3.82) y (3.83) de AP-I respectivamente. Las mismas expresiones pueden utilizarse para el cálculo aproximado de las bombas de lavado de tanques que se dispondrán en el buque de proyecto.

El coste aproximado de las bombas y eyectores de agotamiento puede calcularse con la fórmula (3.87) de AP-I mientras que el coste de cada bomba de emergencia portátil se estima en unos 12.000 €/ unidad.

El número de horas de mano de obra necesarias para la instalación de estos equipos se estima con ayuda de la expresión (3.173) de AP-I, a los que hay que añadir un coste de 210 horas por cada bomba de achique o eyector dispuesto a bordo.

9.1.2-. Equipos de acondicionamiento y limpieza de espacios de carga

Se incluyen en esta partida los costes de los equipos de ventilación y desgasificación portátiles (estimable con la expresión (3.88) de AP-I) además de los costes de las máquinas de limpieza (fijas y portátiles) instaladas a bordo según las fórmulas (3.89) y (3.90) de la referencia AP-I.

En cuanto al número de horas de mano de obra necesarias para el montaje de estos equipos de acondicionamiento y limpieza de la carga pueden ser calculadas de forma aproximada con ayuda de las expresiones (3.174) y (3.175) de AP-I y considerando un tiempo de 80 horas adicionales por bomba de descarga o bomba COW instalada.

9.1.3-. Tubería y valvulería de carga

En buques de transporte de carga líquida distintos a los LPG, el coste de esta partida puede considerarse igual a la tercera parte del coste de las bombas de descarga, bombas de lavado de tanques y bombas de agotamiento.

En cuanto al coste global en concepto de mano de obra de esta partida, se estima en un 17 % de los costes totales mencionados en el párrafo anterior.

9.1.4-. Instalaciones eléctricas especiales, instrumentación y control

En buques de transporte de carga líquida distintos a los LPG, el coste de esta partida se estima en una quinta parte del coste de las bombas de descarga, lavado de tanques y agotamiento.

En cuanto al coste global en concepto de mano de obra puede considerarse que supone aproximadamente un 7,5 % del total de los costes de los equipos que se han descrito en el párrafo anterior.

9.2-. Instalaciones y equipos de automatización, telecontrol y alarma

El coste de los equipos instalados en la cabina y en los puestos de control pueden estimarse con la fórmula (3.102) de AP-I, mientras que los costes de los dispositivos de automatización y control reglamentarios pueden calcularse de forma aproximada con la expresión (3.103) de la referencia mencionada.

Los restantes dispositivos de automatización y control de mayor complejidad instalados a bordo del buque de proyecto debido a sus características diferenciales pueden estimarse en 48.080,97 €.

Por otra parte, se estima el coste de equipos suministradores de fluidos de control y accionamiento hidráulico como el 10 % de la partida global de los dispositivos de automatización y control dispuestos en el buque de proyecto.

En cuanto a los costes de mano de obra imputables a esta partida están incluidos en los costes de adquisición de material.

9.3-. Instalaciones y equipos especiales contraincendios

El coste de las instalaciones contraincendios de carácter estructural se estima con la fórmula (3.109) de AP-I, mientras que los costes de las instalaciones fijas contraincendios dispuestas sobre cubierta y las instalaciones

de rociado de agua pueden calcularse de forma aproximada con las expresiones (3.111) y (3.112) de AP-I respectivamente.

Por su parte, el coste de los equipos detectores de incendios en cámara de máquinas se estimará con la fórmula (3.144) de AP-I.

El número de horas de mano de obra imputables a estas instalaciones y equipos contraincendios se estiman para las diferentes partidas comentadas anteriormente con ayuda de las fórmulas (3.188), (3.190), (3.191) y (3.193) de AP-I.

9.4-. Instalaciones y equipos especiales de seguridad

Se contabilizan aquí los costes de los equipos de protección de personal y los derivados de la instalación de los equipos de detección de gases que se estiman con las expresiones (3.115) y (3.117) de AP-I.

Además debe incluirse el coste de la planta de gas inerte dispuesta en el buque de proyecto, que puede calcularse con la fórmula (3.117) de la referencia utilizada.

En cuanto a los costes de mano de obra se contabilizarán únicamente las horas de instalación de la planta de gas inerte puesto que en las otras dos partidas se considera que están incluidos en los gastos de adquisición del material. Para ello se empleará la expresión (3.195) de AP-I.

10-. FINANCIACIÓN

La forma de financiar un buque depende de factores muy diversos como la capacidad económica de la empresa compradora, el acuerdo con la entidad financiera, el país donde se realice la operación y su normativa en materia fiscal al respecto, etc. Pese a tal libertad en este sentido, en este apartado se pretende ejemplificar un posible modelo de financiación, con la normativa actualmente en vigor y lo más realista posible.

Dado el tipo de inversión de que se está tratado, característico tanto por su cuantía como por los riesgos económicos que lleva asociado, existen una serie de mecanismos de apoyo, bien sea a modo de ayuda estatal o en forma de condiciones fiscales favorables, que facilitan el desarrollo de la operación financiera.

Dadas las características particulares de un buque como bien mueble con capacidad de desplazamiento y, a su vez, de grandes dimensiones y elevadísimos costes de inversión, el mecanismo de financiación adquiere tintes muy particulares respecto a otros tipos de bienes. Debido a los riesgos económicos que implica el negocio naviero, la entidad financiera que proporciona el crédito al armador, no suele asumir el 100% del coste del buque. De esta forma el pago del mismo suele desglosarse en dos partidas:

- El armador aporta una parte del precio del buque con sus fondos propios. Con frecuencia esto asciende al 20% del precio del buque.
- El resto (80%) es financiado con financiación externa, por medio de un crédito. El mecanismo de concesión del crédito depende por una parte del riesgo que ha de asumir la empresa financiera y por otra de las garantías que a ésta le ofrezca, de que va a ser posible devolver el crédito, o de que, si esto no es posible, el prestamista pueda resarcirse embargando algún bien de valor suficiente al prestatario. Estas garantías serán de dos tipos: hipotecarias (cuando el propio buque financiado se constituye como garantía) y complementarias (cuando bienes adicionales de ofrecen como garantía).

La garantía hipotecaria, que no se contempla en España hasta la aprobación de la Ley hipotecaria Naval de 1893, encuentra los problemas derivados de la movilidad del buque, la posibilidad de cambiar de nombre, de registro, etc. y, actualmente no suele cubrir más del 55 ó 60% de la garantía hipotecaria; el resto debe ser cubierto por garantías complementarias. Éstas pueden ser los propios contratos de fletamento o arrendamiento de que disponga

el armador o bien otra serie de apoyos por parte de entidades de prestigio. En relación a estas últimas, existe un sistema de garantías con respaldo estatal o avales estatales que, según establece la Unión Europea, no deben suponer gasto para el propio estado (lo que se denominan condiciones “Pure Cover”). Para ello, se ofrecen a cambio del pago de una cierta prima (según estudios realizados por el Foro de las Industrias Marítimas, deberá ser del 1% ó 1,5% del valor vivo de la garantía recibida, según los casos), sin que dicho aval estatal pueda superar, en ningún caso, el 27% del precio total del buque. Anualmente se establece un límite máximo para el total de los avales estatales que, en el año 2000 ha sido de 40 millones de euros.

Se considerará que el armador dispone de un contrato de transporte, por 10 años de duración que, por parte de la entidad financiera, se ha estimado pueden cubrir el 15% del valor del buque y el resto se ha conseguido garantizar por medio de avales estatales.

Además de los mencionados avales, existen otros modos de ayuda a la financiación como son los incentivos fiscales a la inversión de buques y, más concretamente, el mecanismo de **amortización acelerada** en 3 ó 4 años. Esta fórmula permite pagar en un plazo más corto de tiempo la amortización del crédito contraído y diferir con ello el pago del principal del mismo.

A continuación se presenta un esquema básico del modelo de financiación. Dado que el precio de venta (con IVA) del buque es de 46,601 millones de euros.

ESQUEMA DE FINANCIACIÓN DEL BUQUE

Partidas del presupuesto		**%**	**Millones de euros**
Desembolso inicial del armador (Fondos propios)		**20**	**9,320**
Crédito bancario (Fondos ajenos)		**80**	**37,280**
Garantías	Hipoteca naval	55	25,630
	Contrato de transporte	15	25,630
	Aval estatal	10	6,990
TOTAL		**100**	**46,601**

11-. BIBLIOGRAFÍA

- “Apuntes de Proyectos. Volumen I” de D. Jaime Torroja Menéndez.

ANEXO I:

PRESUPUESTO

DATOS PRINCIPALES	
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES (m)	152,90
MANGA DE TRAZADO (m)	25,00
CALADO DE ESCANTILLONADO (m)	10,50
VELOCIDAD DE SERVICIO (kn)	19,50
PESO DE ACERO CONTINUO (Tm)	2.657,46
PESOS LOCALES DE ACERO (Tm)	325,60
PESO TOTAL DE ACERO (Tm)	2.983,06
VOLUMEN DE CARGA DE TANQUES (m^3)	27.473,16
NUMERO DE ANCLAS	3
PESO UNITARIO ANCLA (Tm)	6,00
DIAMETRO DE CADENA (mm)	60,00
LONGITUD DE CADENA (m)	577,50
NUMERO DE CHIGRES	6
POTENCIA DEL MOTOR PRINCIPAL (BHP)	27.302,00
NUMERO DE CILINDROS DEL MOTOR	7
DIAMETRO CILINDROS MOTOR PRINCIPAL (mm)	650
POTENCIA DE MOTORES AUXILIARES (kW)	1.950,00
VELOCIDAD GIRO MOTOR PRINCIPAL (R.P.M.)	95
VELOCIDAD GIRO MOTORES AUXILIARES (R.P.M.)	720
NUMERO DE POLINES	15
ALTURA DEL TIMON (m)	8,20
LONGITUD DEL TIMON (m)	4,17
SUPERFICIE HABILITACION (m^2)	1.608,55
TRIPULACION	30,00
PRECIO MANO DE OBRA ASTILLERO (€/h)	42,00
PRECIO MEDIO ACERO ALTA CALIDAD (€/T)	680,00

CASCO	COSTE MATERIAL (€)	COSTE MANO DE OBRA (€)	COSTE TOTAL (€)
Chapas y perfiles	2.724.053,25	1.794.327,76	4.518.381,01
Resto de materiales del casco	38.595,80	71.794,99	110.390,78
Timón y accesorios	411.348,97	143.614,80	554.963,77
Materiales auxiliares en la construccion del casco	250.999,47	0,00	250.999,47
Preparación de superficies	1.182.970,59	116.781,04	1.299.751,63
Pintura y control de corrosión	1.332.722,34	1.591.257,52	2.923.979,86
TOTAL CASCO	**5.940.690,42**	**3.717.776,10**	**9.658.466,52**

EQUIPO, ARMAMENTO E INSTALACIONES	COSTE MATERIAL (€)	COSTE MANO DE OBRA (€)	COSTE TOTAL (€)
Equipo de fondeo, amarre y remolque	202.009,93	36.034,80	238.044,73
Medios de salvamento	117.136,24	31.500,00	148.636,24
Habilitación de alojamientos	386.703,21	540.472,80	927.176,01
Fonda y hotel	425.516,57	144.900,00	570.416,57
Acondicionamiento	204.390,58	67.559,10	271.949,68
Navegación y comunicaciones	284.122,46	138.600,00	422.722,46
Medios contraincendios convencionales	168.419,36	35.319,90	203.739,26
Instalación eléctrica	164.172,29	761.636,40	925.808,69
Tubos y tanques no estructurales	417.604,64	2.725.255,77	3.142.860,42
Accesorios de Equipo, Armamento e Instalaciones	155.195,94	720.646,92	875.842,86
TOTAL EQUIPO, ARMAMENTO E INSTALACIONES	**2.525.271,23**	**5.201.925,69**	**7.727.196,92**

MAQUINARIA AUXILIAR DE CUBIERTA	COSTE MATERIAL (€)	COSTE MANO DE OBRA (€)	COSTE TOTAL (€)
Equipo de gobierno	62.770,34	39.630,99	102.401,33
Equipo de fondeo y amarre	165.115,31	108.528,42	273.643,73
TOTAL MAQUINARIA AUX. CUBIERTA	**227.885,65**	**148.159,41**	**376.045,06**

INSTALACIÓN PROPULSORA	COSTE MATERIAL (€)	COSTE MANO DE OBRA (€)	COSTE TOTAL (€)
Motor Propulsor	4.808.096,84	1.523.253,75	6.331.350,59
Línea de ejes	650.059,06	183.469,44	833.528,50
Helice Propulsora y equipo asociado	438.738,84	58.666,94	497.405,78
TOTAL INSTALACION PROPULSORA	**5.896.894,74**	**1.765.390,14**	**7.662.284,87**
MAQUINARIA AUXILIAR DE PROPULSIÓN	**COSTE MATERIAL (€)**	**COSTE MANO DE OBRA (€)**	**COSTE TOTAL (€)**
Grupos electrógenos	1.947.372,81	230.022,60	2.177.395,41
Refrigeración y lubricación	360.994,31	310.128,91	671.123,23
Equipos generadores de vapor	374.130,03	471.870,00	846.000,03
Arranque de motores	23.439,47	47.460,00	70.899,47
Manejo de combustible	60.063,35	309.604,68	369.668,03
Equipos purificación	346.175,73	384.071,52	730.247,25
Equipos auxiliares de casco	206.478,39	224.421,96	430.900,35
Equipos sanitarios	71.033,06	71.904,00	142.937,06
Varios	269.115,00	64.533,42	333.648,42
TOTAL MAQUINARIA AUX. PROPULSION	**3.658.802,16**	**2.114.017,09**	**5.772.819,25**

CARGOS, PERTRECHOS Y RESPETOS	COSTE MATERIAL (€)	COSTE MANO DE OBRA (€)	COSTE TOTAL (€)
Cargos no reglamentarios	18.511,17	55.124,94	73.636,12
Respetos especiales	504.374,17		504.374,17
TOTAL CARGOS, PRETRECHOS Y RESPETOS	**522.885,34**	**55.124,94**	**578.010,28**

INSTALACIONES ESPECIALES	COSTE MATERIAL (€)	COSTE MANO DE OBRA (€)	COSTE TOTAL (€)
Equips especiales de servicio de la carga	456.373,36	48.510,00	504.883,36
Equipos de acondicionamiento y limpieza espacios de carga	148.932,98	69.720,00	218.652,98
Tubería y valvuleria de carga	152.124,45	77.583,47	229.707,92
Instalaciones electricas especiales, instrumentacion y control	91.274,67	34.228,00	125.502,67
Instalaciones y equipos de automatizacion, telecontrol y alarma	912.372,09	0,00	912.372,09
Instalaciones y equipos especiales contraincendios	162.782,49	210.848,25	373.630,74
Instalaciones y equipos especiales de seguridad	418.750,33	579.600,00	998.350,33
TOTAL INSTALACIONES ESPECIALES	**2.342.610,37**	**1.020.489,72**	**3.363.100,09**

GASTOS VARIOS ASTILLERO	COSTE TOTAL (€)
Gastos varios del contrato	30.500,00
Seguros	600.000,00
Gastos de clasificación del buque y expedición de certificados	300.000,00
Gastos de visado en Colegio Ingenieros y Gerencia Sector Naval	144.500,00
Ensayos de Canal	95.000,00
Gastos originados durante la construcción	1.217.049,51
Gastos pruebas de mar	350.000,00
Gastos entrega	24.000,00
Previsión de garantía	288.000,00
TOTAL GASTOS VARIOS ASTILLERO	**2.761.049,51**

SUMA TOTAL (€)	COSTE MATERIAL (€)	COSTE MANO DE OBRA (€)	COSTE TOTAL (€)
	21.115.039,91	14.022.883,09	37.898.972,52

PRESUPUESTO BUQUE DE PROYECTO	
PARTIDA PRESUPUESTADA	**COSTE TOTAL (€)**
CASCO	9.658.467
EQUIPO, ARMAMENTO E INSTALACIONES	7.727.197
MAQUINARIA AUXILIAR DE CUBIERTA	376.045
INSTALACION PROPULSORA PRINCIPAL	7.662.285
MAQUINARIA AUXILIAR DE PROPULSION	5.772.819
CARGOS, PERTRECHOS Y RESPETOS	578.010
INSTALACIONES ESPECIALES	3.363.100
GASTOS VARIOS DEL ASTILLERO	2.761.050
PRECIO DE CONSTRUCCION DEL BUQUE	**37.898.973**
BENEFICIO DEL ASTILLERO (6 % V.C.)	2.273.938
PRECIO DE MERCADO DEL BUQUE	**40.172.911**
PRECIO DE MERCADO DEL BUQUE (16% IVA)	**46.600.577**